



Diana Maria Gonçalves de Castro Acompanhamento de processos de congelação e de
ultracongelação de produtos cárnicos



Diana Maria Gonçalves de Castro **Acompanhamento de processos de congelação e de ultracongelação de produtos cárnicos**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Bioquímica, ramo de Bioquímica Alimentar, realizada sob a orientação científica do Doutor Jorge Manuel Alexandre Saraiva, Investigador auxiliar do Departamento de Química da Universidade de Aveiro e supervisão da Engenheira Margarida Isabel Ferreira do Carmo Rouxinol, Diretora da Qualidade da empresa Irmãos Monteiro, S.A..

Dedico este trabalho aos meus pais e aos meus avós.

o júri

presidente

Prof. Doutor Pedro Miguel Dimas Neves Domingues
professor auxiliar com agregação do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

Doutora Elisabete Maria da Cruz Alexandre
investigadora da Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa

Doutor Jorge Manuel Alexandre Saraiva
investigador auxiliar do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Aos meus pais, avó, tios e primos que sempre me ajudaram durante todo o meu percurso académico.

Ao Doutor Jorge Saraiva por toda a ajuda e conhecimento transmitidos tanto como professor como orientador.

Às Engenheiras Margarida Carmo e Daniela Marques e ao Engenheiro Daniel Gomes por toda a simpatia, ajuda, disponibilidade e conhecimento transmitidos durante o meu estágio na empresa Irmãos Monteiro, S.A..

A toda a administração da empresa Irmãos Monteiro, S.A., em particular à Engenheira Carla Monteiro, pela oportunidade, simpatia e pela disponibilidade demonstradas.

A todos os funcionários da empresa Irmãos Monteiro, S.A., em especial à Eng. Regina Santos, ao Sr. Celestino Gomes, ao Sr. Vítor e à D^a. Sandra, ao Sr. Guilherme, ao Sr. Carlos e ao Sr. Mário, por toda a ajuda e disponibilidade que demonstraram durante todo o meu estágio.

À Engenheira Susana Mendes, da empresa Centralrest, Lda., por toda a ajuda e simpatia que me transmitiu.

À minha amiga e colega de estágio, Renata Amaral, por toda ajuda, paciência e amizade demonstradas durante esta nova etapa: o estágio curricular.

Por fim, quero agradecer a todos os meus amigos por todos os momentos extraordinários vividos nestes últimos 5 anos, momentos esses que tornaram a minha passagem pela Universidade de Aveiro uma das fases mais importantes da minha vida.

palavras-chave

Carne, congelação, ultracongelação, túnel de congelação em *batch*, túnel de congelação contínuo, túnel de congelação em espiral, tempo de ultracongelação, temperatura de ultracongelação.

resumo

A congelação é um método de conservação alimentar usado há milhares de anos e que é aplicado a uma grande variedade de alimentos, como a carne, de modo a aumentar os seus tempos de prateleira. A empresa Irmãos Monteiro, S.A. está ligada à área alimentar, nomeadamente à transformação e à comercialização de carne, sendo um dos seus objetivos, o constante desenvolvimento e/ou melhoria das boas práticas nos domínios da qualidade e da segurança alimentar. Assim, surgiu a necessidade de acompanhar o método de conservação alimentar mais utilizado por esta empresa, ou seja, a ultracongelação da carne, de modo a determinar o binómio tempo/temperatura mais adequado para cada produto, sendo este o tema principal desta dissertação.

Foram avaliados os tempos de ultracongelação, isto é, os tempos que os produtos necessitam para atingir temperaturas de ultracongelação (-18°C ou inferiores), de cinco produtos cárnicos, sendo dois deles preparados de carne (hambúrgueres): *trimmings* de novilho, perna coxa de frango, bifes de frango, hambúrgueres de porco e hambúrgueres de frango. Cada produto tem um processo de ultracongelação típico, existindo vários fatores que afetam o tempo de ultracongelação. No caso dos produtos que foram ultracongelados no túnel de congelação em *batch* (por exemplo, *trimmings* e perna coxa), o principal fator que afetou os tempos de ultracongelação foi o estado do túnel, ou seja, se estava vazio, com meia carga ou cheio. De acordo com os estudos realizados durante o estágio, verificou-se que no caso de o túnel estar cheio, os tempos de ultracongelação foram mais longos. Já no caso dos bifes de frango, constatou-se que é necessário complementar o processo de ultracongelação destes produtos no túnel de congelação em *batch*, após saírem do túnel de congelação contínuo. No estudo dos hambúrgueres de porco foi possível concluir que estes produtos atingiram as temperaturas de ultracongelação no tempo definido para este processo (5 minutos) quando a temperatura do ar do túnel de congelação contínuo foi inferior a -25°C . Por último, no caso dos hambúrgueres de frango, concluiu-se que seria necessário aumentar o tempo de permanência no túnel de congelação em espiral de 45 minutos (tempo habitual) para cerca de 70 minutos, de forma ao produto atingir temperaturas de ultracongelação. Contudo, como esta situação não é viável para a empresa, transportaram-se os produtos já embalados para o túnel de congelação em *batch*.

Em conclusão, com este trabalho, conseguiu-se determinar os tempos e propor métodos para os produtos em estudo atingirem as temperaturas de ultracongelação. Contudo, nem sempre os métodos foram os ideais, visto que uma ultracongelação ideal ocorre quando são atingidas temperaturas de -18°C ou inferiores o mais rapidamente possível.

Nos últimos meses de estágio, foi possível colaborar também no início da implementação da certificação IFS *Food* e no desenvolvimento de produtos de salsicharia, que foram avaliados com recurso a testes de análise sensorial.

keywords

Meat, freezing, deep freezing, batch air blast freezer, continuous tunnel freezer, spiral belt freezer, deep freezing time, deep freezing temperature.

abstract

Freezing is a food conservation method used for thousands of years and it is applied to a wide variety of foods, such as meat, in order to increase their shelf lives. The company Irmãos Monteiro, S.A. is linked to the food area, namely the processing and marketing of meat. One of its objectives consists in the constant development and/or improvement of good practices in the fields of food quality and safety. Thus, it is of interest to study the method of food conservation most used by this company, i.e. deep freezing of the meat in order to determine the most suitable time/temperature binomial for each product, which is the main point of this dissertation.

The deep freezing times, i.e. the time that the products need to reach deep freezing temperatures (-18°C or lower), of five meat products, in which two of them are prepared meat products (hamburgers): trimmings of steers, chicken thigh leg, chicken steaks, pork hamburgers, and chicken hamburgers. Each product has a typical deep freeze process, and there are several factors that affect the deep freezing time. In the case of products that were deep-frozen in the batch air blast freezer (e.g. trimmings and thigh leg), the main factor affecting the freezing times was the condition of the tunnel, i.e. if it was empty, half full or full. According to the studies carried out during the internship, it was found that when the tunnel was full, the deep freezing time was longer. In the case of chicken steaks, it was found that it is necessary to complement the deep-freezing process of these products in the batch air blast freezer after exiting the continuous tunnel freezer. In the pork hamburgers study, it was possible to conclude that these products reach the freezing temperatures at the time defined for this process (5 minutes) if the air temperature of the continuous tunnel freezer is below -25°C . Finally, in the case of chicken hamburgers, it was concluded that it would be necessary to increase the residence time in the spiral belt freezer (usual time) from 45 minutes to about 70 minutes, so that the product reaches deep freezing temperatures. However, as this situation is not feasible for the company, the products are transported to the batch air blast freezer already packaged.

In conclusion, with this work, it was possible to estimate the times and to propose methods for the products under study to reach freezing temperatures. However, they are not always ideal, since an ideal deep freezing occurs when temperatures of -18°C or lower are reached as soon as possible.

In the last months of the internship, it was also possible to collaborate in the beginning of the implementation of IFS Food certification and in the development of sausage products, which were evaluated using sensory analysis tests.

Índice

Índice de Figuras	XVII
Índice de Tabelas	XXVII
Lista de Abreviaturas e Siglas	XXXIII
1. Introdução	1
1.1. Âmbito do estágio	1
1.2. Apresentação da empresa.....	2
2. Revisão bibliográfica.....	2
2.1. Carne: apresentação do produto.....	2
2.2. Técnicas de conservação alimentar	6
2.2.1. Congelação e ultracongelação.....	7
2.2.1.1. Nucleação e cristalização	9
2.2.1.2. Métodos de congelação	11
2.2.2. Efeitos da congelação na carne	14
2.3. <i>International Featured Standards</i> (Certificações IFS)	26
2.4. Desenvolvimento de produtos de salsicharia	29
2.5. Análise sensorial	33
3. Caso de estudo: Acompanhamento de processos de congelação e ultracongelação de produtos cárnicos.....	34
3.1. Materiais e métodos	34
3.1.1. <i>Trimmings de novilho</i>	35
3.1.2. Perna coxa de frango.....	36
3.1.3. Bife de frango.....	37
3.1.4. Hambúrguer de porco (60g)	38
3.1.5. Hambúrguer de frango (80g).....	39
3.2. Resultados e discussão	42
3.2.1. <i>Trimmings de novilho</i>	42
3.2.2. Perna coxa de frango	48
3.2.3. Bife de frango.....	53
3.2.4. Hambúrguer de porco (60g)	62
3.2.5. Hambúrguer de frango (80g).....	66

3.3. Ensaios preliminares	71
3.4. Conclusão dos estudos da congelação	82
4. Implementação da certificação IFS <i>Food</i>	84
4.1. Sistematização da informação de fichas técnicas	84
4.2. Análise de riscos	86
4.3. Conclusão das etapas de implementação da IFS <i>Food</i>	88
5. Desenvolvimento de produtos de salsicharia: estudo preliminar	89
5.1. Materiais e métodos	89
5.1.1. Produção de salame – Formulação 1	89
5.1.2. Produção de <i>chorizo</i> picante	90
5.1.3. Produção de salame – Formulação 2	91
5.2. Resultados e discussão	91
5.2.1. Salame – Formulação 1	91
5.2.2. <i>Chorizo</i> picante	94
5.2.3. Salame – Formulação 2	95
5.3. Conclusão dos estudos de desenvolvimento de produtos	97
6. Análise sensorial: estudo preliminar	98
6.1. Materiais e métodos	98
6.2. Resultados e discussão	99
6.2.1. <i>Chorizo</i> picante	99
6.2.2. Salame – Formulação 2	101
6.3. Conclusão dos estudos de análise sensorial	102
7. Conclusão global	103
8. Referências bibliográficas	104

Anexo I – Restantes resultados do caso de estudo “Acompanhamento de processos de ultracongelação de produtos cárnicos” i

Anexo II - Outros resultados de “Implementação da certificação IFS *Food*” xxxiii

Anexo III – Análise sensorial: Teste sensorial afetivo xxxv

Anexo IV – Análise sensorial: Teste sensorial descritivo de salame xxxvi

Anexo V – Análise sensorial: Teste sensorial descritivo de *chorizo* picante xxxviii

Anexo VI – Análise sensorial: Resultados dos testes sensoriais afetivos por característica do produto (%) e por grupo de provadores.....	xl
Anexo VII – Análise sensorial: Resultados dos testes sensoriais descritivos.....	xlvi

Índice de Figuras

Figura 1 - Representação esquemática do músculo esquelético. Adaptado de (15).....	4
Figura 2 - Representação esquemática da porção de uma miofibrila e de alguns dos seus sarcômeros constituintes. Adaptado de (14).....	4
Figura 3 - Gráfico esquemático do processo de congelação. Adaptado de (34).....	8
Figura 4 - Representação esquemática da nucleação reduzida e do crescimento elevado dos cristais de gelo na congelação lenta (a) e da nucleação elevada e dos inúmeros cristais pequenos na congelação rápida (b). Adaptado de (37).....	10
Figura 5 - Esquema do método de congelação criogénica. Adaptado de (34).....	11
Figura 6 - Esquema de um túnel de congelação em <i>batch</i> . Adaptado de (34).....	12
Figura 7 - Esquema de um túnel de congelação de tapete em espiral. Adaptado de (34)...	13
Figura 8 - Esquema de um túnel de congelação contínuo. Adaptado de (34).....	13
Figura 9 – Decomposição do hidroperóxido (A) com formação do radical alcóxilo (B). Vias de formação de produtos de oxidação secundária: aldeído (C), álcool (D), cetona (E). Adaptado de (58).....	18
Figura 10 - Atividades proteolíticas da μ -calpaína e da m-calpaína (representadas pelas setas vermelhas) sobre proteínas miofibrilares (tropomiosina, desmina, troponina T, nebulina, titina, vimentina). Atividade inibitória do polipeptídeo calpastatina (representada pelas linhas azuis) sobre as enzimas calpaínas. Adaptado de (12).....	23
Figura 11 – Logotipo das certificações IFS (esquerda); logotipo da certificação IFS <i>Food</i> (direita) (84,86).....	28
Figura 12 – Sonda do <i>Data Logger</i> (testo, 175T2) inserida nos <i>trimmings</i> de novilho (A). Identificação da grade (rodeada a verde) de <i>trimmings</i> de novilho em estudo numa palete durante o fim de semana durante a ultracongelação na antecâmara do túnel de congelação em <i>batch</i> (B). Identificação da grade (rodeada a verde) de <i>trimmings</i> de novilho em estudo durante a semana (dias úteis) durante a ultracongelação na antecâmara do túnel de congelação em <i>batch</i> (C).....	36
Figura 13 – Sonda do <i>Data Logger</i> (testo, 175T2) inserida na perna coxa de frango em estudo (A). Identificação da caixa com a sonda do <i>Data Logger</i> (testo, 175T2) inserida numa perna coxa de frango (B). Palete de pernas coxas de frango embaladas em caixa de cartão no túnel de congelação em <i>batch</i> (C).....	37

Figura 14 – Saída de bifes de frango do túnel de congelação contínuo (A). Medição da temperatura interna do bife de frango com o termómetro (<i>testo</i> 826-T4) (B).....	37
Figura 15 – Colocação da sonda do <i>Data Logger</i> (<i>testo</i> , 175T2) num bife de frango posteriormente embalado em caixa (A). Paleta de 45 caixas de 7 Kg de bifes de frango com identificação da caixa com o produto em estudo (B). Identificação da grade com o produto em estudo já no túnel de congelação em <i>batch</i> (C).....	38
Figura 16 – Saída de hambúrgueres de porco (60g) do túnel de congelação contínuo (A). Medição da temperatura interna do produto com o termómetro (<i>testo</i> 826-T4) (B).....	39
Figura 17 – Hambúrgueres de frango (80g) após o término do processo de cozedura (A). Entrada dos hambúrgueres de frango (80g) no túnel de congelação com tapete em espiral (B). Saída dos hambúrgueres de frango (80g) do túnel de congelação com tapete em espiral (C). Medição da temperatura interna do hambúrguer de frango (80g) com um termómetro (<i>testo</i> 826-T4) após um processo prévio de congelação no túnel de congelação com tapete em espiral (D).....	40
Figura 18 – Paleta com 72 caixas (16 x 320g) de hambúrgueres de frango (80g) e identificação da caixa com o produto em estudo (A). Paleta de hambúrgueres de frango (80g) no túnel de congelação em <i>batch</i> (B).....	41
Figura 19 – Variação das temperaturas internas das amostras 1 e 2 de <i>trimmings</i> de novilho durante o processo de ultracongelação na antecâmara do túnel de congelação em <i>batch</i> . Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha), isto é, -18,0 °C (33). Os losangos azul e laranja correspondem ao momento em que as amostras atingiram temperaturas iguais ou inferiores a -18,0 °C. A ultracongelação ocorreu em dias úteis.....	44
Figura 20 – Variação das temperaturas internas das amostras 1 e 6 de <i>trimmings</i> de novilho durante o processo de ultracongelação na antecâmara do túnel de congelação em <i>batch</i> , realizado durante os dias úteis e ao fim de semana, respetivamente. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha), isto é, -18,0 °C (33). O losango azul corresponde ao momento em que a amostra 1 (ultracongelada em dias úteis) atingiu as temperaturas de ultracongelação. O losango verde corresponde ao momento em que a amostra 6 (ultracongelada ao fim de semana) atingiu as temperaturas de ultracongelação.....	46

Figura 21 – Variação das temperaturas internas das amostras 1 e 2 de perna coxa de frango embaladas em caixa de cartão durante o processo de ultracongelamento no túnel de congelamento em <i>batch</i> . Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha), isto é, -18,0 °C (33). Os losangos azul e laranja correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C.....	49
Figura 22 – Variação das temperaturas internas das amostras 1 - fim de semana e 3 – dias úteis de perna coxa de frango embaladas em caixa de cartão durante o processo de ultracongelamento no túnel de congelamento em <i>batch</i> . Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha), isto é, -18,0 °C (33). Os losangos verde e laranja correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C.....	52
Figura 23 – Variação das temperaturas internas das amostras 1 e 2 de bifes de frango embalados em caixa de cartão na sala de embalagem e durante o processo de ultracongelamento no túnel de congelamento em <i>batch</i> . Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). Os losangos azul e laranja correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C, isto é, a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).....	56
Figura 24 – Variação das temperaturas internas das amostras 1 e 2 de bifes de frango colocados em grades durante o processo de ultracongelamento no túnel de congelamento em <i>batch</i> . Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). As interseções das curvas azul e amarela com a linha vermelha correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C, isto é, a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).....	60
Figura 25 – Variação da temperatura interna (°C) de hambúrgueres de porco para valores de temperatura do ar (°C) do túnel contínuo superiores a -25,0 °C. Indicação da temperatura mínima (-18,0 °C) exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha).....	63
Figura 26 – Variação da temperatura interna (°C) de hambúrgueres de porco para valores de temperatura do ar (°C) do túnel contínuo inferiores a -25,0 °C. Indicação da temperatura mínima (-18,0 °C) exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha).....	64
Figura 27 – Variação das temperaturas internas das amostras 1 e 2 de hambúrgueres de frango na sala de embalagem e durante o processo de ultracongelamento no túnel de congelamento em <i>batch</i> . Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). Os losangos azul e laranja correspondem ao momento em	

que as amostras atingiram os -18,0 °C, isto é, a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).....	69
Figura 28 – Variação das temperaturas internas da amostra de <i>trimming</i> de novilho durante o processo de ultracongelação na câmara de congelação. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). O losango azul corresponde ao momento em que a amostra atingiu os -18,0 °C, isto é, a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).....	72
Figura 29 – Variação das temperaturas internas da amostra de perna coxa de frango durante o processo de ultracongelação na câmara de congelação e no túnel de congelação em batch. O losango azul marca o momento de entrada da paleta no túnel. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). O losango laranja corresponde ao momento em que a amostra atingiu os -18,0 °C (33).....	75
Figura 30 – Variação das temperaturas internas das amostras de hambúrguer de frango durante o armazenamento na câmara de stock. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). O losango azul corresponde ao momento em que a amostra 2 aumentou a sua temperatura interna para -18,0 °C, ou seja, para a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).....	79
Figura 31 – Variação das temperaturas internas do pastel de bacalhau e da chamuça de frango de 20g colocados em grades durante o processo de ultracongelação no túnel de congelação em <i>batch</i> . Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). As interseções das curvas azul e laranja com a linha vermelha correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C, isto é, a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).....	81
Figura 32 – Indicação de perigos físicos, como a borracha (seta verde) e um dos plásticos (seta azul) da porta 1 da antecâmara do túnel de congelação em <i>batch</i> (A). Algumas das cortinas de plástico numa das entradas para a antecâmara do túnel de congelação em <i>batch</i> (B). Indicação das grades de plástico (seta azul), do plástico do alarme (seta laranja), de um dos tubos/canos de plástico (seta rosa) e de uma das luminárias (seta verde) presentes na antecâmara do túnel de congelação em <i>batch</i> (C).....	87
Figura 33 – Cor do salame (formulação 1) no início do processo de cura (A) e no fim do processo de cura (B).....	93

Figura 34 – *Chorizo* picante na sala de enchimento (A); crescimento de bolores brancos à superfície do produto durante o processo de cura (B); *Chorizo* picante no fim do processo de cura (C).....94

Figura 35 – Salame na sala de enchimento (A); crescimento de bolores brancos à superfície do produto durante o processo de cura (B); Salame no fim do processo de cura (C).....96

Figura 36 – Médias das respostas dos três grupos de provadores por característica do produto e para a apreciação global.....100

Figura 37 – Médias das respostas dos três grupos de provadores por característica do produto e para a apreciação global.....101

Figura A1 – Variação das temperaturas internas das amostras 3, 4 e 5 de *trimmings* de novilho durante o processo de ultracongelação na antecâmara do túnel de congelação em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha), isto é, -18,0 °C (33). Os losangos azul e laranja correspondem ao momento em que as amostras atingiram temperaturas iguais ou inferiores a -18,0 °C. A ultracongelação ocorreu em dias úteis.....ii

Figura A2 – Variação das temperaturas internas das amostras 6, 7, 8, 9 e 10 de *trimmings* de novilho durante o processo de ultracongelação na antecâmara do túnel de congelação em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha), isto é, -18,0 °C (33). Os losangos azul e laranja correspondem ao momento em que as amostras atingiram temperaturas iguais ou inferiores a -18,0 °C. A ultracongelação ocorreu aos fins de semana.....iii

Figura A3 - Variação das temperaturas internas das amostras 3, 8, 9 e 10 de *trimmings* de novilho durante o processo de ultracongelação na antecâmara com meia carga do túnel de congelação em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha), isto é, -18,0 °C (33). O losango azul corresponde ao momento em que a amostra 3 (ultracongelada em dias úteis) atingiu as temperaturas de ultracongelação. Os losangos amarelo, laranja e verde correspondem ao momento em que as amostras 8, 9 e 10 (ultracongeladas ao fim de semana) atingiram as temperaturas de ultracongelação.....iv

Figura A4 - Variação das temperaturas internas das amostras 2, 4, 5 e 7 de *trimmings* de novilho durante o processo de ultracongelação na antecâmara vazia do túnel de congelação

em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha), isto é, -18,0 °C (33). Os losangos laranja, amarelo e verde correspondem ao momento em que as amostras 2, 4 e 5 (ultracongeladas em dias úteis) atingiram as temperaturas de ultracongelação. O losango azul corresponde ao momento em que a amostra 7 (ultracongelada ao fim de semana) atingiu as temperaturas de ultracongelação.....v

Figura A5 – Variação das temperaturas internas das amostras 3, 4 e 5 de perna coxa de frango embaladas em caixa de cartão durante o processo de ultracongelação no túnel de congelção em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha), isto é, -18,0 °C (33). Os losangos laranja, rosa e verde correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C.....vi

Figura A6 – Variação das temperaturas internas das amostras 3 e 4 de bifes de frango embalados em caixa de cartão na sala de embalagem e durante o processo de ultracongelção no túnel de congelção em *batch* (túnel vazio). Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). Os losangos laranja e verde correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C, isto é, a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).....viii

Figura A7 – Variação das temperaturas internas das amostras 5 e 6 de bifes de frango embalados em caixa de cartão na sala de embalagem e durante o processo de ultracongelção no túnel de congelção em *batch* (túnel com meia carga). Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). Os losangos verde e castanho correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C, isto é, a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).....ix

Figura A8 – Variação das temperaturas internas das amostras 3, 4, 5 e 6 de bifes de frango colocados em grades durante o processo de ultracongelção no túnel de congelção em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). As interseções das quatro curvas com a linha vermelha correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C, isto é, a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).....xi

Figura A9 – Variação da temperatura interna (°C) de hambúrgueres de porco para valores de temperatura do ar (°C) do túnel contínuo superiores a -25,0 °C. Indicação da temperatura mínima (-18,0 °C) exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha).....xii

Figura A10 – Variação da temperatura interna (°C) de hambúrgueres de porco para valores de temperatura do ar (°C) do túnel contínuo inferiores a -25,0 °C. Indicação da temperatura mínima (-18,0 °C) exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha).....xiii

Figura A11 – Variação das temperaturas internas das amostras 3, 4 e 5 de hambúrgueres de frango na sala de embalagem e durante o processo de ultracongelação no túnel de congelação em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). Os losangos verde, rosa e amarelo correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C, isto é, a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).....xxi

Figura A12 – Variação das temperaturas internas das amostras de hambúrguer de frango durante o armazenamento na câmara de *stock*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). Os losangos laranja e verde correspondem ao momento em que as amostras 3 e 4 aumentaram as suas temperaturas internas para -18,0 °C, ou seja, para a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).....xxiii

Figura A13 – Variação das temperaturas internas das chamuças de frango de 20g e 40g colocadas em grades durante o processo de ultracongelação no túnel de congelação em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). As interseções das curvas azul e laranja com a linha vermelha correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C (33).....xxvi

Figura A14 – Variação da temperatura interna da chamuça vegetariana colocada em grade durante o processo de ultracongelação câmara de congelação. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). O losango azul corresponde ao momento em que a amostra atingiu os -18,0 °C (33).....xxvii

Figura A15 – Variação da temperatura interna da tira de suíno durante o processo de ultracongelação no túnel de congelação em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). O losango laranja corresponde ao momento em que a amostra atingiu os -18,0 °C (33).....xxviii

Figura A16 – Variação da temperatura interna da costeleta do cachão durante o processo de ultracongelação no túnel de congelação em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). A interseção da linha verde com a vermelha corresponde ao momento em que a amostra atingiu os -18,0 °C (33).....xxix

Figura A17 – Variação da temperatura interna do frango inteiro da categoria 600/700g durante o processo de ultracongelamento no túnel de congelamento em <i>batch</i> . Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). O losango azul corresponde ao momento em que a amostra atingiu os -18,0 °C (33).....	xxx
Figura A18 – Variação da temperatura interna dos miúdos de frango durante o processo de ultracongelamento no túnel de congelamento em <i>batch</i> . Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). A interseção da linha amarela com a vermelha corresponde ao momento em que a amostra atingiu os -18,0 °C (33).....	xxxi
Figura A19 – Variação das temperaturas internas da pá de suíno sem osso e da perna de suíno com osso durante o processo de ultracongelamento no túnel de congelamento em <i>batch</i> . Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). Os losangos azul e laranja correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C (33).....	xxxii
Figura C1 – Respostas dos jovens adultos, em percentagem, por característica (cor, odor, sabor e textura) e para a apreciação global.....	xl
Figura C2 – Respostas dos adultos, em percentagem, por característica (cor, odor, sabor e textura) e para a apreciação global.....	xli
Figura C3 – Respostas do painel interno, em percentagem, por característica (cor, odor, sabor e textura) e para a apreciação global.....	xlii
Figura C4 – Respostas dos Jovens Adultos, em percentagem, por característica (cor, odor, sabor e textura) e para a apreciação global.....	xliii
Figura C5 – Respostas dos Adultos, em percentagem, por característica (cor, odor, sabor e textura) e para a apreciação global.....	xliv
Figura C6 – Respostas do Painel Interno, em percentagem, por característica (cor, odor, sabor e textura) e para a apreciação global.....	xl v
Figura D1 – Classificação do odor do produto numa escala de 1 (pouco intenso) a 5 (muito intenso) por cada provador.....	xl vii
Figura D2 – Classificação da consistência aparente (visual e tato) do produto por cada provador. Dentro da característica organolética consistência foram avaliadas a humidade e dureza do produto numa escala de 1 (húmido/mole) a 5 (seco/duro).....	xl vii

Figura D3 – Classificação da consistência do produto na boca por cada provador. Dentro da característica organolética consistência foram avaliadas a humidade e dureza do produto numa escala de 1 (húmido/mole) a 5 (seco/duro).....	xlvi
Figura D4 – Classificação do sabor do produto por cada provador. Dentro da característica organolética sabor foram avaliados os níveis de picante, acidez, sal, gordura e a persistência do sabor do produto na boca numa escala de 1 a 5.....	xlvi
Figura D5 – Classificação global do produto atribuída por cada provador do painel interno.....	xlvi
Figura D6 – Classificação do odor do produto numa escala de 1 (pouco intenso) a 5 (muito intenso) por cada provador.....	li
Figura D7 – Classificação da consistência aparente (visual e tato) do produto por cada provador. Dentro da característica organolética consistência foram avaliadas a humidade e dureza do produto numa escala de 1 (húmido/mole) a 5 (seco/duro).....	li
Figura D8 – Classificação da consistência do produto na boca por cada provador. Dentro da característica organolética consistência foram avaliadas a humidade e dureza do produto numa escala de 1 (húmido/mole) a 5 (seco/duro).....	lii
Figura D9 – Classificação do sabor do produto por cada provador. Dentro da característica organolética sabor foram avaliados os níveis de picante, acidez, sal, gordura e a persistência do sabor do produto na boca numa escala de 1 a 5.....	lii
Figura D10 – Classificação global do produto atribuída por cada provador do painel interno.....	liii

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Indicação do peso da grade com os <i>trimmings</i> em estudo (Kg), indicação das temperaturas (°C) das amostras de <i>trimmings</i> de novilho em estudo no momento de entrada na antecâmara no túnel de congelação em <i>batch</i> , temperatura média (°C) da antecâmara do túnel durante o período de ultracongelação dos produtos, indicação do estado da antecâmara do túnel (cheio, meia carga, vazio) e momento da realização.....	43
Tabela 2 – Indicação do peso da grade com os <i>trimmings</i> em estudo (Kg), indicação das temperaturas (°C) das amostras de <i>trimmings</i> de novilho em estudo no momento de entrada na antecâmara no túnel de congelação em <i>batch</i> , temperatura média (°C) da antecâmara do túnel durante o período de ultracongelação dos produtos, indicação do estado da antecâmara do túnel (cheia, meia carga, vazia) e do momento de realização.....	45
Tabela 3 – Indicação dos pesos das duas amostras (Kg), das temperaturas (°C) das amostras de perna coxa de frango em estudo no momento de entrada no túnel de congelação em <i>batch</i> , da temperatura média (°C) do túnel durante o período de ultracongelação dos produtos, do estado do túnel (cheio, meia carga, vazio) e do momento da realização.....	48
Tabela 4 – Temperaturas (°C) das amostras de perna coxa de frango em estudo no momento de entrada no túnel de congelação em <i>batch</i> , temperatura média (°C) do túnel durante o período de ultracongelação dos produtos e indicação do estado do túnel (cheio, meia carga, vazio).....	51
Tabela 5 – Indicação das temperaturas médias internas de bifes de frango antes de entrar no túnel de congelação contínuo.....	53
Tabela 6 – Indicação do peso das duas amostras de bifes de frango em estudo (Kg), do tempo de permanência (min) das mesmas no túnel de congelação contínuo e da temperatura do ar do túnel (°C) durante a passagem dos produtos.....	54
Tabela 7 – Dados relativos à temperatura das amostras após a primeira fase de congelação, ao tempo de permanência dos produtos à temperatura ambiente durante o processo de embalamento e à temperatura da sala durante esse processo de embalamento.....	54
Tabela 8 – Temperaturas (°C) dos bifes de frango em estudo no momento de entrada no túnel de congelação em <i>batch</i> , temperatura média (°C) de túnel de congelação em <i>batch</i> durante o período de ultracongelação dos produtos e indicação do estado do túnel de congelação em <i>batch</i> (cheio, meia carga, vazio).....	55

Tabela 9 – Indicação das temperaturas médias internas de bifes de frango antes de entrar no túnel de congelação contínuo.....	58
Tabela 10 – Indicação do peso das duas amostras de bifes de frango em estudo (Kg), do tempo de permanência (min) das mesmas no túnel de congelação contínuo, da temperatura do ar do túnel (°C) durante a passagem dos produtos e da temperatura do produto (°C) após sair do túnel.....	59
Tabela 11 – Temperaturas médias (°C) do ar do túnel de congelação em <i>batch</i> durante o tempo de permanência das amostras e indicação do estado do túnel	60
Tabela 12 – Indicação das temperaturas médias internas iniciais das amostras ultracongeladas ao mesmo tempo que as dos conjuntos 1 a 4 e da temperatura média do ar do túnel de congelação contínuo.....	62
Tabela 13 – Indicação das temperaturas médias internas de hambúrgueres de frango após processo de cozedura.....	67
Tabela 14 – Indicação das temperaturas internas de 2 hambúrgueres após saída do túnel de congelação em espiral, um no dia 1 e outro no dia 2, e indicação da temperatura média do ar do túnel (°C) durante a passagem dos produtos com o respetivo desvio-padrão.....	67
Tabela 15 – Indicação do tempo de permanência, em minutos, dos hambúrgueres de frango na sala de embalagem, assim como da temperatura média da sala (°C) e do respetivo desvio-padrão.....	67
Tabela 16 – Indicação das temperaturas dos 2 hambúrgueres de frango à entrada do túnel de congelação em batch (°C), indicação das temperaturas médias (°C) do túnel de congelação em <i>batch</i> durante o tempo de permanência das amostras e indicação do estado do túnel	68
Tabela 17 – Indicação do peso da grade com os <i>trimmings</i> em estudo (Kg), indicação das temperaturas (°C) das amostras de <i>trimmings</i> de novilho em estudo no momento de entrada na câmara, temperatura média (°C) da câmara durante o período de ultracongelação do produto, indicação do estado da câmara (cheia, meia carga ou vazia) e momento/data da realização.....	71
Tabela 18 – Indicação do peso da grade com os <i>trimmings</i> em estudo (Kg), indicação das temperaturas (°C) das amostras de perna coxa de frango em estudo no momento de entrada na câmara, temperatura média (°C) da câmara durante o período de ultracongelação do produto, indicação do estado da câmara (cheia, meia carga ou vazia) e momento/data da realização.....	73

Tabela 19 – Indicação da temperatura (°C) da amostra de perna coxa de frango em estudo no momento de entrada no túnel de congelação em batch, temperatura média (°C) do túnel durante o período de ultracongelação do produto, indicação do estado do túnel (cheio, meia carga ou vazio) e momento/data da realização.....	74
Tabela 20 – Temperaturas internas dos bifes de frango (°C) após permanecerem no túnel de congelação contínuo durante o tempo máximo e indicação da temperatura média do ar do túnel (°C) durante a passagem do produto e do respetivo desvio-padrão.....	76
Tabela 21 – Temperaturas internas dos hambúrgueres de frango após permanecerem no túnel de congelação em espiral durante 45 minutos (tempo habitual), 70 min e 75 minutos..	77
Tabela 22 – Indicação da temperatura (°C) das amostras de hambúrgueres de frango em estudo no momento de entrada na câmara de <i>stock</i> , temperatura média (°C) do ar da câmara durante o tempo de permanência do produto, indicação do estado da câmara (cheia, meia carga ou vazia), tempo de permanência da paleta na câmara e momento/data da realização.....	78
Tabela 23 – Indicação do peso dos produtos pré-cozinhados (g), do local de ultracongelação e do estado, temperatura do produto (°C) à entrada do túnel de congelação em <i>batch</i> , temperatura do ar (°C) do túnel de congelação em <i>batch</i> e data.....	81
Tabela 24 – Sistematização da informação da FT de um dos produtos comercializados pela empresa Irmãos Monteiro, S.A.....	85
Tabela 25 – Levantamento de materiais quebradiços e do seu estado no túnel de congelação em <i>batch</i> . Indicação da data do levantamento.....	87
Tabela 26 – Variação do pH do salame (formulação 1) durante todas as etapas de processamento.....	92
Tabela 27 – Variação do pH do <i>chorizo</i> picante durante todas as etapas de processamento.	94
Tabela 28 – Variação do pH do salame (formulação 2) durante todas as etapas de processamento.....	97
Tabela 29 – Intervalo de idades e número de elementos dos diferentes grupos de provadores por produto.....	98
Tabela 30 – Médias das respostas dos três grupos de provadores por característica do produto (<i>chorizo</i> picante) e para a apreciação global e os respetivos desvios-padrão.....	100
Tabela 31 – Médias das respostas dos três grupos de provadores por característica do produto (salame) e para a apreciação global e os respetivos desvios-padrão.....	101

Tabela A1 – Indicação do peso da grade com os <i>trimmings</i> em estudo (Kg), indicação das temperaturas (°C) das amostras de <i>trimmings</i> de novilho em estudo no momento de entrada na antecâmara no túnel de congelação em <i>batch</i> , temperatura média (°C) da antecâmara do túnel durante o período de ultracongelação dos produtos, indicação do estado da antecâmara do túnel (cheia, meia carga, vazia) e data/momento do processo de ultracongelação.....	i
Tabela A2 – Indicação do peso, em quilogramas, das amostras de perna coxa de frango em estudo, das temperaturas (°C) das amostras no momento de entrada no túnel de congelação em <i>batch</i> , da temperatura média (°C) do túnel durante o período de ultracongelação dos produtos, do estado do túnel (cheio, meia carga, vazio) e do momento da realização.....	vi
Tabela A3 – Indicação das temperaturas médias internas de bifes de frango antes de entrar no túnel de congelação contínuo.....	vii
Tabela A4 – Indicação do peso das amostras de bifes de frango em estudo (Kg), do tempo de permanência (min) das mesmas no túnel de congelação contínuo e da temperatura do ar do túnel (°C) durante a passagem dos produtos.....	vii
Tabela A5 – Dados relativos à temperatura das amostras após a primeira fase de congelação, ao tempo de permanência dos produtos à temperatura ambiente durante o processo de embalamento e à temperatura da sala durante esse processo de embalamento.....	vii
Tabela A6 – Temperaturas (°C) dos bifes de frango em estudo no momento de entrada no túnel de congelação em <i>batch</i> , temperatura média (°C) de túnel de congelação em <i>batch</i> durante o período de ultracongelação dos produtos e indicação do estado do túnel de congelação em <i>batch</i> (cheio, meia carga ou vazio).....	viii
Tabela A7 – Indicação das temperaturas médias internas de bifes de frango antes de entrar no túnel de congelação contínuo.....	x
Tabela A8 – Indicação do peso das amostras de bifes de frango em estudo (Kg), do tempo de permanência (min) das mesmas no túnel de congelação contínuo e da temperatura do ar do túnel (°C) durante a passagem dos produtos.....	x
Tabela A9 – Temperaturas (°C) dos bifes de frango em estudo após saírem do túnel de congelação contínuo, temperatura média (°C) de túnel de congelação em <i>batch</i> durante o período de ultracongelação dos produtos e indicação do estado do túnel de congelação em <i>batch</i> (cheio, meia carga ou vazio).....	x

Tabela A10 – Indicação das temperaturas médias internas iniciais das amostras ultracongeladas ao mesmo tempo que as dos conjuntos 5 a 10 e da temperatura média do ar do túnel de congelação contínuo.....	xii
Tabela A11 – Indicação das temperaturas internas (°C) das 10 amostras do conjunto 1 após ocorrer o processo de ultracongelação no túnel de congelação contínuo.....	xiv
Tabela A12 – Indicação das temperaturas internas (°C) das 10 amostras do conjunto 2 após ocorrer o processo de ultracongelação no túnel de congelação contínuo.....	xiv
Tabela A13 – Indicação das temperaturas internas (°C) das 10 amostras do conjunto 3 após ocorrer o processo de ultracongelação no túnel de congelação contínuo.....	xv
Tabela A14 – Indicação das temperaturas internas (°C) das 10 amostras do conjunto 4 após ocorrer o processo de ultracongelação no túnel de congelação contínuo.....	xv
Tabela A15 – Indicação das temperaturas internas (°C) das 10 amostras do conjunto 5 após ocorrer o processo de ultracongelação no túnel de congelação contínuo.....	xvi
Tabela A16 – Indicação das temperaturas internas (°C) das 10 amostras do conjunto 6 após ocorrer o processo de ultracongelação no túnel de congelação contínuo.....	xvi
Tabela A17 – Indicação das temperaturas internas (°C) das 10 amostras do conjunto 7 após ocorrer o processo de ultracongelação no túnel de congelação contínuo.....	xvii
Tabela A18 – Indicação das temperaturas internas (°C) das 10 amostras do conjunto 8 após ocorrer o processo de ultracongelação no túnel de congelação contínuo.....	xvii
Tabela A19 – Indicação das temperaturas internas (°C) das 10 amostras do conjunto 9 após ocorrer o processo de ultracongelação no túnel de congelação contínuo.....	xviii
Tabela A20 – Indicação das temperaturas internas (°C) das 10 amostras do conjunto 10 após ocorrer o processo de ultracongelação no túnel de congelação contínuo.....	xviii
Tabela A21 – Indicação das temperaturas internas de 3 hambúrgueres após saída do túnel de congelação em espiral, um no dia 3, outro no dia 4 e outro no dia 5, e indicação da temperatura média do ar do túnel (°C) durante a passagem dos produtos com o respetivo desvio-padrão.....	xix
Tabela A22 – Indicação do tempo de permanência, em minutos, dos 3 hambúrgueres de frango na sala de embalagem, assim como da temperatura média da sala (°C) e do respetivo desvio-padrão.....	xix
Tabela A23 – Indicação das temperaturas dos 3 hambúrgueres de frango à entrada do túnel de congelação em <i>batch</i> (°C), indicação das temperaturas médias (°C) do túnel de	

congelação em *batch* durante o tempo de permanência das amostras e indicação do estado do túnel.....xx

Tabela A24 – Indicação do tempo total, em minutos, que os 3 hambúrgueres de frango precisaram até atingirem os -18 °C e indicação do tempo de ultracongelação, em minutos, no túnel de congelação em *batch*.....xx

Tabela A25 – Indicação da temperatura (°C) das amostras de hambúrgueres de frango em estudo no momento de entrada na câmara de *stock*, temperatura média (°C) do ar da câmara durante o tempo de permanência do produto, indicação do estado da câmara (cheia, meia carga ou vazia), tempo de permanência da paleta na câmara e momento/data da realização.....xxii

Tabela A26 – Indicação do peso dos produtos (g), do local de ultracongelação e do estado, temperatura do produto (°C) à entrada do túnel de congelação em *batch*/da câmara de congelação, temperatura do ar (°C) do túnel de congelação em *batch*/da câmara de congelação e data. O sombreado azul corresponde aos produtos pré-cozinhados e o sombreado verde corresponde a produtos cárnicos.....xxiv

Tabela B1 – Sistematização da informação da FT de um dos produtos produzidos e comercializados pela empresa Irmãos Monteiro, S.A.....xxxiii

Tabela D1 – Indicação dos elementos do painel interno que participaram no teste sensorial descritivo do *chorizo* picante. Indicação das idades dos provadores e do local de prova...xlvi

Tabela D2 – Respostas dos provadores ao teste sensorial descritivo para o *chorizo* picante: cor, odor e aroma.....xlvi

Tabela D3 – Indicação dos elementos do painel interno que participaram no teste sensorial descritivo da formulação 2 do salame. Indicação das idades dos provadores e do local de prova.....l

Tabela D4 – Respostas dos provadores ao teste sensorial descritivo para o salame: cor, odor e aroma.....l

Lista de Abreviaturas e Siglas

CDC	<i>Centers for Disease Control and Prevention</i>
EFSA	<i>European Food Safety Authority</i>
FT	Ficha técnica
GDL	Glucono- δ -lactona
HACCP	Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controlo (do inglês <i>Hazard Analysis and Critical Control Points</i>)
IFS	<i>International Featured Standards</i>
ISO	Organização Internacional para Padronização (do inglês <i>International Organization for Standardization</i>)
PUFAs	Ácidos gordos polinsaturados (do inglês <i>polyunsaturated fatty acids</i>)
RCI	Índice de capacidade reprodutiva (do inglês <i>reproductive capacity index</i>)
RO•	Radical alcóxilo
ROO•	Radical peróxilo
ROOH	Hidroperóxido
ROS	Espécies reativas de oxigénio (do inglês <i>reactive oxygen species</i>)
TBARS	Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (do inglês, <i>thiobarbituric acid-reactive substances</i>)
WHC	Capacidade de retenção de água (do inglês, <i>water-holding capacity</i>)
UFC	Unidades formadoras de colónias
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>

1. Introdução

Nos dias de hoje, as técnicas de conservação de alimentos são cada vez mais importantes, de modo a assegurar a segurança e a qualidade alimentar desde a produção até à chegada ao consumidor (1). Deste modo, e já desde a antiguidade, são aplicados vários métodos de conservação a alimentos perecíveis, como salga, secagem, adição de agentes químicos (sulfitos, ácidos, etc.), processos térmicos (pasteurização, esterilização, etc.) e processos de arrefecimento (refrigeração e congelação) (2,3). Com a entrada em vigor do Regulamento (CE) nº852/2004 relativo à higiene dos géneros alimentícios, a conservação dos alimentos, nomeadamente dos perecíveis, é obrigatória e deve ser corretamente cumprida de modo a garantir a segurança e a qualidade alimentar, evitando o surgimento de doenças (intoxicações e/ou infeções) alimentares (4).

1.1. Âmbito do estágio

De acordo com o referido anteriormente, surgiu assim a necessidade de acompanhar a ultracongelação como método de conservação da carne na empresa Irmãos Monteiro, S.A., de modo a estudar o binómio tempo/temperatura mais adequado para garantir que os processos de ultracongelação ocorram nas condições ideais. Neste sentido, o estágio nesta empresa teve como objetivos a aplicação a nível empresarial de conhecimentos adquiridos a nível académico, a aquisição de experiência profissional e, assim, contribuir para a melhoria de alguns processos da empresa. Como tal, o plano de trabalhos apresenta as seguintes fases: i) observação de todos os processos produtivos existentes na empresa Irmãos Monteiro, S.A., de forma a adquirir um conhecimento geral da realidade da empresa; ii) acompanhamento dos vários processos de congelação da carne e de preparados de carne (hambúrgueres), procedendo à recolha de todos os dados através da utilização de um *Data Logger*; iii) tratamento/comparação de todos os dados recolhidos para que, por gama de produtos, possa ser definido o binómio tempo/temperatura para um correto processo de congelação. Além disso, surgiu a oportunidade de colaborar na implementação da certificação IFS *Food* na empresa Irmãos Monteiro, S.A., assim como no desenvolvimento de formulações e métodos de produção para dois produtos de salsicharia.

1.2. Apresentação da empresa

A Irmãos Monteiro S.A. é uma empresa ligada à área alimentar, nomeadamente à transformação e comercialização de carne. Surgiu inicialmente como um pequeno talho em 1975, sendo atualmente considerada uma das maiores empresas alimentares portuguesas. Está presente em sete áreas do ramo alimentar, nomeadamente na desmancha, na transformação de produtos (frescos e congelados) e na produção de salsicharia tradicional, preparados de carne, pré-cozinhados e refeições prontas. Também aposta constantemente na investigação e desenvolvimento de novos produtos para satisfazer as expectativas e necessidades dos clientes.

A empresa Irmãos Monteiro, S.A. cumpre a política do sistema de gestão, respeitando as normas impostas pelos sistemas de gestão de qualidade, ambiente e segurança alimentar, sendo uma empresa certificada em diversos níveis. Assim, assume o compromisso de atuar de acordo com os princípios e requisitos legais, incluindo os presentes nos requisitos dos referenciais normativos da Organização Internacional para Padronização (ISO, do inglês *International Organization for Standardization*): ISO 9001 e ISO 14001. Segue também a metodologia do plano de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controlo (HACCP, do inglês *Hazard Analysis and Critical Control Points*). Deste modo, tendo a empresa o objetivo de desenvolver e/ou melhorar boas práticas nos domínios da qualidade, do ambiente e da segurança alimentar, surgiu a necessidade de acompanhar o método de conservação alimentar mais utilizado na empresa, ou seja, a ultracongelação.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Carne: apresentação do produto

A carne faz parte da dieta humana desde a pré-história (5). Atualmente é um dos produtos alimentares mais consumidos em todo o mundo, devido principalmente às agradáveis características sensoriais e ao seu valor nutritivo (5,6). Estatísticas recentes indicam que o consumo médio de carne nos países desenvolvidos é de 75,5 kg por ano por habitante, enquanto que nos países em desenvolvimento o valor estimado é de 33,8 kg (7). O consumo de carne é uma forma de vida nutricionalmente importante no mundo moderno (5). Em 2014, a produção de carne a nível mundial excedeu as 250 milhões de toneladas, sendo a carne de porco o produto mais produzido, com 108,9 milhões de toneladas, enquanto que a produção de frango rondou as 87 milhões de toneladas (8).

De acordo com o *Codex Alimentarius*, a carne é definida como “todas as partes de um animal que são destinadas ou consideradas seguras e adequadas ao consumo humano” (9). A carne para consumo é normalmente classificada como “vermelha”, “branca” e carne processada, no entanto esta classificação nem sempre é clara (10). Ainda assim, as carnes com origem no músculo da vaca, da vitela, do porco, do cordeiro e do veado são consideradas na maioria das vezes como carnes “vermelhas” e o frango e o peru como carnes “brancas”. As carnes “vermelhas” contêm um elevado número de fibras musculares vermelhas, sendo caracterizadas por elevado conteúdo em mioglobina, maior número de capilares e de mitocôndrias e por apresentarem um metabolismo oxidativo (2,11). As carnes “brancas” contêm mais fibras musculares brancas, caracterizadas por um nível baixo de mioglobina e por apresentarem um metabolismo glicolítico. Já as carnes processadas (salsichas, hambúrgueres, etc.) correspondem aos produtos que sofreram processamento para aumentar o seu tempo de vida e que foram misturados com ingredientes (por exemplo, sal) (10).

Após o abate do animal, o músculo sofre inúmeras reações bioquímicas de modo a tornar-se carne (2,12). O tecido muscular inclui os músculos cardíaco, liso e esquelético (13). O primeiro está localizado no coração, o segundo corresponde ao músculo visceral e está localizado, por exemplo, no trato digestivo e nos vasos sanguíneos ao longo do sistema circulatório e o terceiro providencia suporte, movimento ou locomoção. Devido a ter mais uso a nível comercial, é neste tipo de músculo que se vai centrar esta secção da revisão bibliográfica. O músculo esquelético (Figura 1) é caracterizado por uma disposição bem organizada de fibras musculares (também designadas de células musculares) e de tecido conjuntivo associado (14). O músculo contém vários fascículos musculares e é rodeado por uma camada de tecido conjuntivo conhecida como epimísio. Os fascículos musculares, por sua vez, estão rodeados por outra camada de tecido conjuntivo designada por perimísio e contêm inúmeras fibras musculares. Estas estão rodeadas por outra camada de tecido conjuntivo, o endomísio, e são constituídas por cerca de 1000 miofibrilas responsáveis pela contração e relaxamento (2,14).

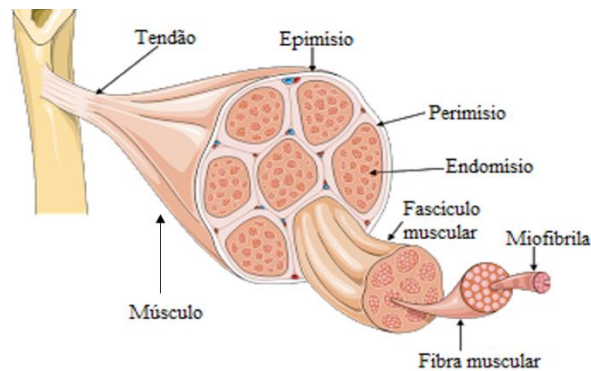


Figura 1 – Representação esquemática do músculo esquelético. Adaptado de (15).

Por sua vez, as miofibrilas estão rodeadas pelo sarcoplasma que contém as proteínas sarcoplasmáticas (solúveis em água). Ao longo da miofibrila encontram-se ainda os discos Z localizados de forma regular (Figura 2). A distância entre dois discos Z consecutivos é designada por sarcômero, sendo este a unidade básica contráctil do músculo esquelético. Cada miofibrila contém ainda filamentos grossos (filamentos de miosina) e finos (filamentos de actina), originando áreas escuras (banda A) e claras (banda I). Todos estes filamentos são constituídos por proteínas miofibrilares. Além disso, os filamentos de actina estendem-se ao longo dos discos Z e servem de ligação entre sarcômeros consecutivos (14). O músculo contém muitas proteínas que apresentam funções importantes para a estrutura do citoesqueleto, para os processos de contração-relaxamento e para a libertação de energia (16). Como exemplos de proteínas do músculo encontram-se as troponinas T, C, I, miosina, actina, tropomiosina, titina, nebulina, desmina (proteínas miofibrilares), enzimas mitocondriais e lisossomais, mioglobina, hemoglobina (proteínas sarcoplasmáticas) e o colagénio e a elastina (proteínas do tecido conjuntivo) (2).

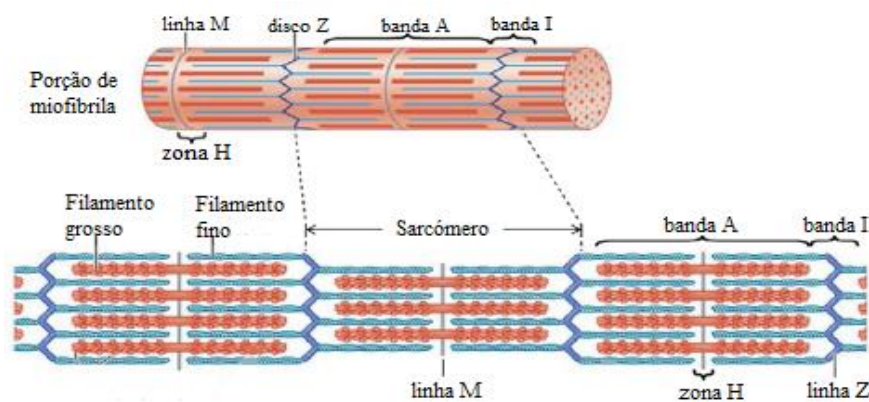


Figura 2 – Representação esquemática da porção de uma miofibrila e de alguns dos seus sarcômeros constituintes. Adaptado de (14).

Os produtos cárnicos fornecem nutrientes importantes à dieta humana (17). A carne é basicamente composta por água (72-74%), proteínas (20-22%), lípidos (3-5%) e hidratos de carbono (0,5%), fornecendo também à dieta todos os aminoácidos essenciais (lisina, treonina, metionina, fenilalanina, triptofano, leucina, isoleucina e valina) (2,18). Além disso, é a principal fonte de ferro, zinco, selênio, vitaminas B6 e B12, vitamina D e ácido linoleico conjugado (principalmente os ruminantes) (19). Na carne “vermelha” os níveis de ácidos gordos polinsaturados (PUFAs, do inglês *polyunsaturated fatty acids*) são baixos devido à ocorrência de bioidrogenação no rúmen. No entanto, apesar de estar provado que a carne é uma boa fonte de macro e de micronutrientes, é necessário haver um controlo no seu consumo, já que o consumo acima de certas quantidades de produtos cárnicos (nomeadamente, de carnes “vermelhas”) afeta negativamente a saúde (5,20). Estes produtos podem estar ligados ao aparecimento de problemas de saúde, como doenças cardiovasculares, uma vez que são uma fonte rica em ácidos gordos saturados e elevados níveis de colesterol. De acordo com a publicação de 2007 de *World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research*, os produtos cárnicos podem estar na origem de vários tipos de cancro (por exemplo, cancro do colo-retal), uma vez que durante o processamento (cura, fumagem, fermentação, tratamento térmico, etc.) podem gerar toxinas mutagénicas e/ou carcinogénicas (5,21).

Por outro lado, a carne é considerada um alimento de alto risco de degradação microbiana, sendo um dos alimentos mais perecíveis, uma vez que apresenta uma matriz rica em nutrientes, tem pH entre 4,6 e 9,0, tem elevado teor de água e o valor da atividade da água é superior a 0,85 (2,22). Assim, providencia um ambiente propício para o desenvolvimento de microrganismos, podendo provocar intoxicações e/ou infeções alimentares (23). Além disto, a carne é um alimento suscetível à ocorrência de deterioração química e bioquímica, como a oxidação lipídica e a autólise enzimática, que juntamente com a contaminação microbiológica pode estar na origem de um elevado risco para a saúde dos consumidores (23,24). Entre os microrganismos patogénicos que podem surgir nos produtos cárnicos encontram-se as bactérias (*Campylobacter jejuni*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*) e as suas toxinas (toxinas de *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*), os vírus e os parasitas (*Trichinella spiralis*) (25). A nível europeu há inúmeros registos de casos de contaminações microbiológicas nos alimentos e de consequente causa de doença em

humanos. De acordo com a *European Food Safety Authority* (EFSA), mais de 320 000 casos de doenças com origem alimentar são reportados por ano na União Europeia. Ainda assim, devido a métodos e legislações de segurança alimentar adotados nos últimos anos, a incidência deste tipo de doenças nos humanos tem diminuído, como é constatado pela redução do número de casos de salmonelose entre 2004 e 2009 (196 000 casos em 2004 e 108 000 casos em 2009). Além dos perigos para a saúde, estes fenómenos podem estar relacionados com a perda de características organoléticas nos alimentos, causando graves perdas a nível económico (cerca de 15,6 mil milhões de dólares nos Estados Unidos da América), como é constatado por *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) e por *United States Department of Agriculture* (USDA) (26,27).

No entanto, existem ainda outros fatores responsáveis pela ocorrência de alterações de degradação na carne, como alterações de cor, textura, sabor e também perdas nutricionais, diminuindo assim a qualidade do alimento. Entre eles encontram-se as reações químicas e bioquímicas deteriorantes (por exemplo, reações oxidativas, reações de acastanhamento), a desidratação, o oxigénio atmosférico, a luz e a temperatura, sendo este último um dos parâmetros mais importantes no controlo do crescimento de microrganismos e no desenvolvimento de outros processos de deterioração dos alimentos (28,29). Assim, como a carne é um alimento perecível necessita de ser conservada de modo a aumentar o seu tempo de prateleira e a diminuir o risco de perda de qualidade e de provocar doenças nos consumidores (30).

2.2. Técnicas de conservação alimentar

Os avanços na tecnologia de conservação alimentar têm sido essenciais de modo a obter alimentos seguros e com qualidade para a população mundial (1). Como já foi referido, o controlo da temperatura é muito importante, sendo essencial em todos os processos da indústria alimentar (nomeadamente na produção, transporte e armazenamento) (30). Este controlo é realizado para aumentar o tempo de prateleira dos alimentos, reduzindo as taxas de degradação causadas por fatores intrínsecos do produto, tais como a oxidação lipídica e a proteólise enzimática, e por microrganismos deteriorantes (do inglês *spoilage microorganisms*) ou patogénicos. Neste sentido, com o aumento da população mundial e com a necessidade de fornecer às pessoas alimentos saudáveis e de boa qualidade durante longos períodos de tempo, é fundamental o desenvolvimento e/ou a constante aplicação de técnicas de conservação alimentar (23,29). Entre as técnicas de conservação alimentar mais

utilizadas destacam-se a refrigeração (entre 0 °C e 4 °C), a congelação/ultracongelação (-10 °C/-18 °C ou menos, respetivamente), tratamentos térmicos (por exemplo, pasteurização e esterilização), tratamentos químicos, a secagem e a salga (técnicas tradicionais) (2,3).

Os métodos de conservação pelo uso de frio são muito utilizados durante o processamento e o armazenamento de alimentos e durante a sua distribuição, permitindo a disponibilidade de produtos sazonais durante todo o ano, assim como uma distribuição para uma maior área geográfica (29,30). Como exemplos destes métodos encontram-se o armazenamento por refrigeração entre 0 °C e 4 °C, por super-arrefecimento (do inglês *superchilled storage*) entre -1 °C e -4 °C e por congelação quando o alimento atinge a temperatura de -10 °C em todos os seus pontos (31,32). Outro exemplo é a ultracongelação em que o alimento atinge, tão rapidamente quanto possível, os -18 °C ou menos em todos os seus pontos, estabilizando termicamente (33). Na ultracongelação, as temperaturas podem atingir cerca de -40 °C em equipamentos industriais (34). De entre estes métodos de conservação, a ultracongelação é o que providencia ao alimento um maior tempo de prateleira (meses ou até mesmo anos), ao contrário do armazenamento por refrigeração e por super-arrefecimento, nos quais o alimento apresenta boa qualidade durante algumas semanas (29). Assim, é importante estudarem-se métodos que providenciem aos alimentos um tempo de prateleira elevado (por exemplo, congelação e ultracongelação) e constatar sobre os seus efeitos ao nível do crescimento microbiológico e das reações de deterioração dos alimentos, de modo a diminuir as alterações desagradáveis no produto alimentar durante o armazenamento, tanto a nível organolético como a nível de segurança alimentar.

2.2.1. Congelação e ultracongelação

Os processos de congelação da carne são usados já há milhares de anos como métodos de conservação, evitando a degradação do produto e, conseqüentemente, aumentando o seu tempo de prateleira (1,34). Hoje em dia, o processo de congelação está implementado globalmente como sendo um dos processos de conservação alimentar mais usados para uma gama variada de produtos, onde estão incluídos os produtos cárnicos (31,32). O armazenamento da carne por congelação permite à indústria alimentar responder de melhor forma às necessidades e exigências do consumidor, ajustar o abastecimento de carne à taxa de processamento e transportar a carne para locais distantes (exportação/importação) (35). Isto deve-se a que quando são aplicados processos de conservação (por exemplo,

ultracongelação) corretos, só ocorrerão pequenas alterações das características (textura, cor, sabor e conteúdo nutricional) do produto alimentar e, assim, os alimentos bem congelados apresentam elevada qualidade (34). Além disso, a congelação é um método relativamente barato e que providencia também o aumento do tempo de prateleira do produto (34,36). No entanto, também se verificam grandes gastos energéticos para garantir as temperaturas de congelação adequadas durante o processamento, o armazenamento e o transporte da carne.

A congelação de um alimento é uma operação unitária na qual a temperatura de um produto é reduzida abaixo do seu ponto de congelação, causando uma alteração do estado físico e da estrutura do alimento (devido à formação de cristais de gelo quando a energia é removida) (1,34). O ponto de congelação de um alimento é a temperatura na qual um cristal de gelo mínimo existe em equilíbrio com a água envolvente (37). O processo de congelação envolve quatro etapas principais, designando-se a primeira por *pre-freezing*, a segunda por *super-cooling*, a terceira por *freezing* e a quarta por *tempering* (Figura 3) (34). Na fase de *pre-freezing*, ocorre a remoção de energia do alimento na forma de calor sensível, diminuindo a temperatura do produto para o ponto de congelação (34,37). Seguidamente, ocorre a fase de *super-cooling*, que nem sempre é observada, em que a temperatura desce abaixo do ponto de congelação. Na fase de *freezing*, ocorre a remoção de energia na forma de calor latente de cristalização e a água transforma-se em gelo (formam-se os cristais de gelo). Por fim, na fase de *tempering*, a temperatura do produto é reduzida até à temperatura de armazenamento.

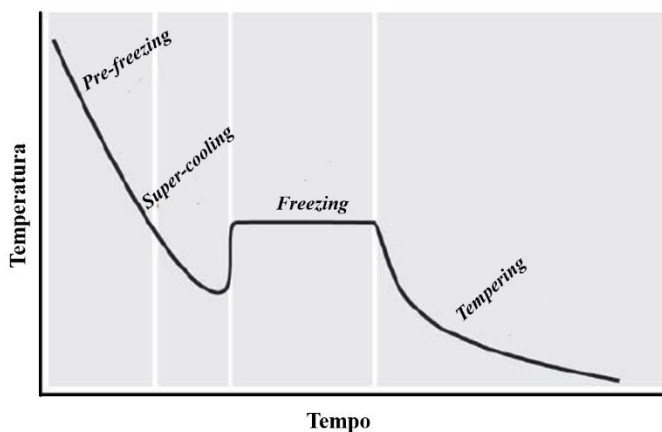


Figura 3 - Gráfico esquemático do processo de congelação. Adaptado de (34).

2.2.1.1. Nucleação e cristalização

Durante o processo de congelação ocorre a passagem de água no estado líquido a água no estado sólido por remoção de energia e ocorre a cristalização (1,34). O processo de cristalização inclui primeiramente a nucleação e depois o crescimento de cristais. A nucleação consiste na formação de um cristal pequeno que está em equilíbrio com a água envolvente e a partir do qual ocorre a expansão e o crescimento do cristal de gelo (34,37). A nucleação pode ser de dois tipos: homogénea e heterogénea. A primeira ocorre só em partículas livres em líquidos homogéneos e deve-se à orientação aleatória e combinação de moléculas de água. Já a segunda ocorre em alimentos sólidos, onde as superfícies das células funcionam como locais de nucleação. A nucleação do gelo dá-se inicialmente à superfície do produto e os cristais de gelo crescem em direção ao interior do produto (1). O número de locais de nucleação e o tamanho dos cristais de gelo depende muito da taxa de congelação (1,34). Esta taxa, por sua vez, depende da massa do produto cárnico (por exemplo, as carcaças e os *trimmings* de novilho como têm uma grande massa apresentam um tempo de congelação elevado). Também depende da temperatura do meio de congelação, do método de congelação e da natureza do material de embalagem utilizado (28). É de salientar que os outros constituintes do alimento, como por exemplo a gordura, também necessitam de solidificar durante a congelação (34). O tempo de congelação e ultracongelação corresponde ao tempo que a temperatura do alimento demora a diminuir até -10 °C e -18 °C, respetivamente. A partir deste ponto, o termo congelação referir-se-á a ambos os processos de congelação e ultracongelação.

A velocidade de congelação corresponde à velocidade de propagação da frente do gelo (parte que congela primeiro). Assim, a congelação é lenta se a velocidade for inferior a 1 cm/h, moderada se a velocidade for de 1 a 5 cm/h e rápida se a velocidade for superior a 5 cm/h (34). Se a taxa de congelação for lenta, o que se deve a uma taxa de transferência (remoção) de energia como calor lenta, há formação de poucos, mas grandes cristais de gelo que conduzem a maiores alterações da estrutura dos tecidos do alimento (Figura 4). Tal acontece visto que os cristais de gelo grandes causam rebentamento de células e consequente perda de água do produto. Por outro lado, se a taxa de congelação for rápida (elevadas taxas de remoção de energia como calor), há formação de muitos, mas pequenos cristais de gelo intra e extracelulares, o que conduz a alterações mínimas da textura, da cor, do sabor e do valor nutricional do alimento (Figura 4). Deste modo, a rutura das células é evitada e, assim,

o produto é morfologicamente melhor conservado, aumentando a sua qualidade (1,28). É ainda de salientar que alimentos diferentes, com dimensões iguais e submetidos a taxas de transferência de energia semelhantes, apresentam cristais de gelo com diferentes tamanhos devido às diferentes composições dos produtos (34). Ou seja, podem ter diferente disponibilidade de água e/ou terem sido sujeitos a diferentes pré-tratamentos (por exemplo, adição de compostos crioprotetores, proteínas anticongelantes).

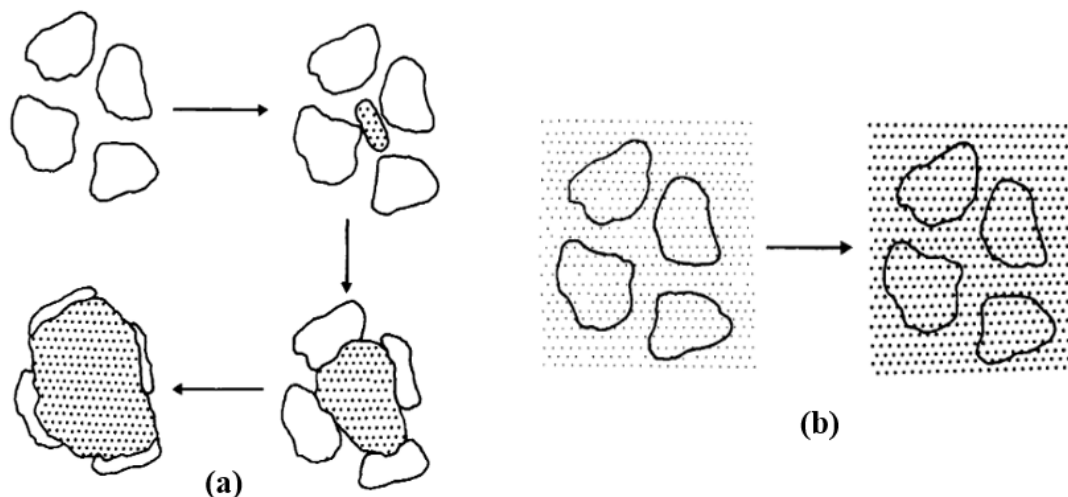


Figura 4 - Representação esquemática da nucleação reduzida e do crescimento elevado dos cristais de gelo na congelação lenta (a) e da nucleação elevada e dos inúmeros cristais pequenos na congelação rápida (b). Adaptado de (37).

O processo de congelação devidamente aplicado aos alimentos é considerado um dos melhores e mais utilizados métodos para a conservação alimentar (34). De acordo com o decreto-lei nº 251/91 de 16 de julho, foi estipulado que os alimentos ultracongelados têm que permanecer a -18°C ou a temperaturas inferiores durante o seu armazenamento (33). A nível industrial e para obter tempos de conservação mais longos, os alimentos são armazenados entre -25°C e -40°C (34). A congelação afeta os alimentos de diferentes formas, dependendo da sua composição. Isto é, por exemplo, maiores níveis de PUFA's conduzem a um ponto de congelação mais negativo quando comparado com um alimento menos rico neste componente. Também vai depender da estrutura do produto alimentar e das propriedades físicas. Devido à formação de cristais de gelo, a congelação vai provocar modificações na estrutura dos alimentos. No entanto, se a congelação for rápida, os cristais mantêm-se pequenos após nucleação e as alterações estruturais do produto não são significativas. Além disso, devido à formação dos cristais de gelo, haverá menos água

disponível para se desencadearem as reações químicas e bioquímicas deteriorantes (por exemplo, enzimáticas). Desta forma, um processo de congelação devidamente aplicado a um produto alimentar leva a uma diminuição da taxa de deterioração do alimento. Porém, assim como todos os processos térmicos, envolve gasto intensivo de energia (38).

2.2.1.2. Métodos de congelação

- **Congelação criogénica**

O método de congelação mais rápido é comercialmente conhecido por *flash freezing* ou congelação criogénica (Figura 5) (39). É um tipo de congelação, sem recurso a equipamento mecânico, no qual o alimento é imerso rapidamente num fluido criogénico, como por exemplo em azoto líquido (a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) ou numa mistura de gelo seco (CO_2 sólido) e etanol (1). Os seus tempos reduzidos de congelação devem-se à grande diferença de temperaturas entre o criogénico e o produto cárnico e à consequente elevada taxa de transferência de energia como calor (28). Porém, apesar da congelação criogénica resultar em produtos congelados de melhor qualidade, apresenta algumas limitações tais como o facto de o tamanho dos cristais de gelo poder não ser uniforme em todo o alimento congelado (1). Isto ocorre principalmente em alimentos com grandes massas, porque a interface de congelação propaga-se do exterior (em contacto com o fluido) para o interior, sendo a sua velocidade menor à medida que avança para o interior. Assim, mesmo neste tipo de congelação, os cristais de gelo serão mais pequenos na superfície externa do alimento congelado e aumentam em direção ao interior (1,40). Outras desvantagens são o custo do líquido e do equipamento criogénico e o facto de poder haver distorção da forma do alimento, o que pode causar impacto negativo a nível comercial (28). No entanto, é uma técnica que tem vindo a ser cada vez mais utilizada na indústria alimentar (41).

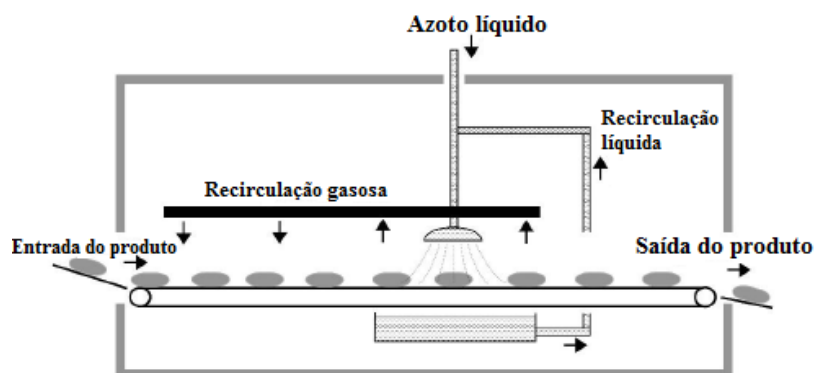


Figura 5 - Esquema do método de congelação criogénica. Adaptado de (34).

- **Congelação mecânica**

Existe também um outro método de congelação designado por congelação mecânica e que foi o primeiro método a ser usado pela indústria alimentar (1). É um método muito mais barato do que a congelação criogénica e é ainda hoje muito utilizado pela indústria. No entanto, é um processo de congelação mais lento do que a congelação criogénica, formando cristais de gelo grandes em todo o alimento que vão afetar, por exemplo, as suas características organoléticas, pois causam rebentamento das células do produto. Um dos tipos de congelação mecânica é por contacto com ar frio, sendo este o tipo mais utilizado e cuja temperatura está normalmente entre $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (42). Este método resume-se à congelação de alimentos por circulação forçada de ar frio com temperatura uniforme. A velocidade do ar pode ser controlada para promover a transferência de calor na superfície do produto. No entanto, dependendo da forma e das características do produto, o tempo de congelação vai variar, assim como se os alimentos estiverem ou não embalados. Dentro dos congeladores por contacto com ar frio encontram-se, entre outros, as câmaras e os túneis de congelação em *batch*, os congeladores de tapete em espiral, os túneis de congelação contínuos e o designado por *impingement method* (34). As temperaturas de congelação destes equipamentos estão normalmente entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (39).

O túnel de congelação em *batch* é um dos equipamentos mais simples, mais utilizados e dos mais antigos da indústria alimentar, nomeadamente para produtos com forma irregular como a carne, o peixe, as frutas e os vegetais e também produtos embalados (Figura 6) (34,41). Estes equipamentos utilizam ar frio com convecção forçada para congelar os alimentos (34). Contudo, a distribuição do ar frio não é uniforme.

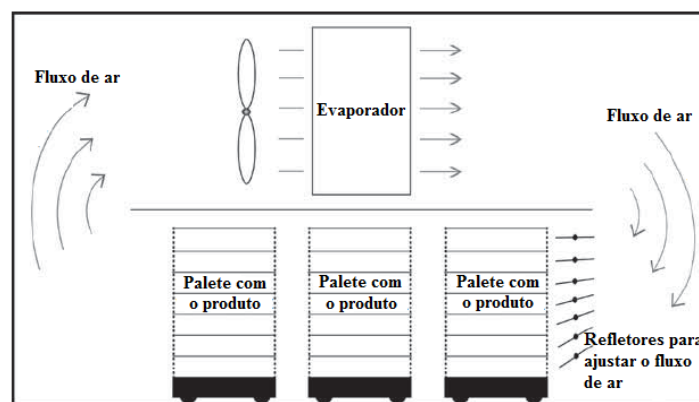


Figura 6 - Esquema de um túnel de congelação em *batch*. Adaptado de (34).

Os congeladores de tapete em espiral também são muito utilizados na indústria alimentar, sendo usados para congelar carne, peixe e preparados de carne (hambúrgueres), por exemplo. Consistem num sistema de tapete em espiral simples ou múltiplo e o alimento é congelado devido a uma corrente de ar frio (Figura 7) (34,41). As velocidades do ar usadas situam-se entre 0,5 e 10 m/s (39).

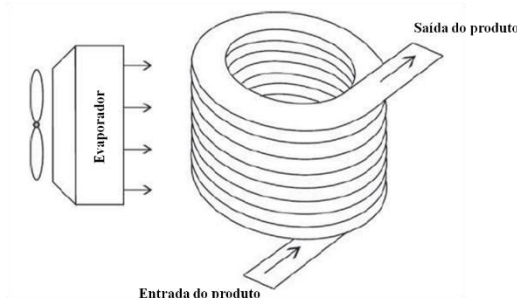


Figura 7 - Esquema de um túnel de congelação de tapete em espiral. Adaptado de (34).

O túnel de congelação contínuo é utilizado para uma grande variedade de alimentos, com diferentes tamanhos e formas e quer estejam embalados ou não (Figura 8) (34). Neste tipo de túneis, os alimentos são colocados em tabuleiros que se movimentam continuamente em transportadores. Também são muito usados na indústria alimentar nos dias de hoje e o sistema baseia-se numa corrente de ar frio que congela o produto (39,41).

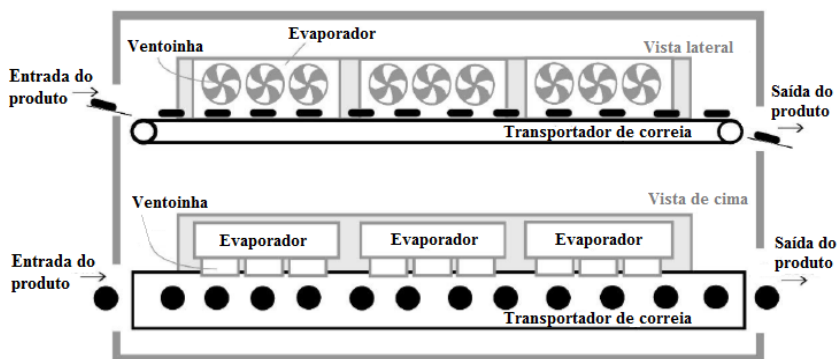


Figura 8 - Esquema de um túnel de congelação contínuo. Adaptado de (34).

O *impingement method* é outro exemplo de congelação por contacto com ar frio em modo contínuo e que serve para uma grande variedade de alimentos (34). Permite uma congelação rápida pois são aplicados jatos de ar frio perpendicularmente à superfície do alimento, o que rompe a camada de ar superficial e aumenta o coeficiente de transferência de calor. Existem ainda outros métodos de congelação tradicionais, como a congelação por

contacto com placas frias e por contacto com líquido frio, isto é, com imersão em *batch*. Porém, não serão explicados nesta revisão de literatura.

2.2.2. Efeitos da congelação na carne

Como já foi referido, a congelação é o método de conservação mais utilizado para os produtos cárnicos, uma vez que, quando comparado com outras técnicas como a refrigeração, conduz a perdas pequenas na qualidade e na segurança do alimento durante períodos de armazenamento mais longos (29,34). Uma congelação adequada conserva a qualidade existente no alimento fresco, mas geralmente não a melhora (34). Assim, quanto melhor a qualidade do produto fresco, maior será a qualidade desse produto quando for congelado. A qualidade da carne fresca depende de fatores, como a dieta dos animais e os procedimentos de abate (por exemplo, situações que deixem o animal em *stress*, como acontece por vezes com o porco, podem levar, após o abate, a carnes mais exsudativas (do inglês *pale, soft, exudative*) que são organoleticamente desagradáveis) (43).

No entanto, a congelação pode causar alterações nutricionais e sensoriais na carne, principalmente se o tempo de armazenamento do produto sob congelação for demasiado longo. Assim, apesar dos alimentos congelados serem microbiologicamente estáveis e terem as reações químicas e bioquímicas indesejáveis retardadas, podem estar na mesma propensão à deterioração química por ação dessas reações enzimáticas, principalmente durante armazenamento prolongado, já que elas foram retardadas e não inibidas (44,45). No entanto, estes efeitos adversos não são geralmente significativos para os alimentos congelados (34). A diminuição da taxa destas reações ocorre porque as temperaturas baixas da congelação inibem as enzimas responsáveis pelas reações químicas e bioquímicas deteriorantes. Por outro lado, estas temperaturas também alteram o estado físico da água, tornando-a praticamente indisponível para suportar processos de deterioração (1). Segundo Leygonie *et al.*, a temperatura ótima para o armazenamento por congelação da carne é de -40°C (46). Isto é justificado pelo facto de a -40°C mais de 88% da água existente na carne estar congelada e, assim, as reações bioquímicas são fortemente retardadas e o crescimento de, por exemplo, larvas e parasitas é afetado (47). Contudo, mesmo a estas temperaturas, as reações de deterioração podem ocorrer a longo prazo, já que parte da água disponível no alimento não se encontra congelada (35). Todavia, estão bastante mais reduzidas do que na carne fresca. Assim, com estas temperaturas de congelação (-18°C ou inferiores), haverá

redução (mas não inibição) da taxa de reações químicas e bioquímicas prejudiciais para os alimentos (47).

Os danos provocados pela congelação estão associados ao tamanho e ao local do crescimento dos cristais de gelo (que por sua vez depende da velocidade e da temperatura de congelação), podendo levar à rutura de células e à alteração da pressão osmótica exercida pelas concentrações extracelulares dos solutos (48). Deste modo, durante o armazenamento por congelação podem ocorrer alterações físicas, como quebra por congelação, migração de água e recristalização (34,48). Esta última pode levar a um aumento da disrupção celular, causando a perda do conteúdo celular (exsudação) durante a descongelação. Tal deve-se à existência de períodos de descongelação seguidos por nova congelação. Estes danos nas células vão conduzir à libertação de enzimas mitocondriais e lisossomais das células musculares para o sarcoplasma e possibilita o contacto entre os pró-oxidantes (como metais de transição, ferro-hémico) e as macromoléculas (nomeadamente, lípidos e proteínas) (48). Esta interação promove várias reações químicas e bioquímicas na carne como a proteólise, a desnaturação proteica, as oxidações proteica e lipídica, a lipólise, etc., estando o tecido muscular particularmente suscetível (48,49). Isto porque de acordo com Guyon *et al.*, a carne e os produtos cárnicos são ricos em proteínas e, dependendo do tipo de músculo, contêm quantidades variáveis de triacilglicerois (lípidos de armazenamento) e de fosfolípidos (lípidos estruturais) (50). Estas reações são retardadas com a congelação dos alimentos, mas não são eliminadas, pelo que podem afetar os alimentos congelados se o armazenamento por congelação for de longo prazo. Contudo, como já foi referido, as perdas não são significativas nos alimentos devidamente congelados (34,44). Assim, é importante estudar os efeitos da congelação nas reações bioquímicas de deterioração que ocorrem na carne, nomeadamente a nível lipídico e proteico, e estudar os efeitos a nível microbiológico.

- **Microrganismos**

A carne, sendo um alimento rico em nutrientes, é favorável à colonização e ao crescimento de uma grande variedade de microrganismos, tanto patogénicos (por exemplo, *Listeria monocytogenes*) como de deterioração do alimento (do inglês *spoilage microorganisms*) (51). A contaminação microbiana da carne pode levar a perdas de cor, textura e ao desenvolvimento de maus odores e sabores (52). Assim, o tempo de prateleira da carne está grandemente dependente do número e do tipo de microrganismos presentes

inicialmente no produto ou dos que crescem durante o armazenamento, devido a fatores como pH, atmosfera gasosa, atividade da água e temperatura (22). Diferentes condições de armazenamento irão influenciar o crescimento de diferentes populações de microrganismos que, por sua vez, vão ter efeitos distintos no tipo e na taxa do processo de contaminação do produto (51). Um fator importante para controlar a contaminação da carne é a temperatura de armazenamento (52). Assim, processos de conservação como a congelação e a refrigeração têm sido aplicados à carne fresca já desde há muitas décadas (2,3).

A temperatura baixa do processo de congelação pode levar à redução do crescimento de microrganismos (34). Isto deve-se ao facto de os microrganismos sofrerem danos na sua estrutura, o que leva a grandes perdas do material intracelular. Como na congelação há formação de cristais de gelo, estes também podem provocar danos estruturais, levando ao aumento da concentração de solutos, devido à desidratação. Isto provoca perda do balanço eletrolítico e pode levar à desnaturação proteica. A recristalização também está relacionada com o aumento de danos estruturais nos microrganismos.

Nos últimos anos foram realizados vários estudos que visam demonstrar o efeito da congelação da carne no crescimento de microrganismos (51). Hill *et al.* demonstraram que o índice de capacidade reprodutiva (RCI, do inglês *reproductive capacity index*) do parasita muscular *Trichinella spiralis* na carne de cavalo não congelada (dia 0) foi de 23,5 (53). No entanto, após o armazenamento da carne a -18 °C, o RCI diminuiu 2,09 no dia 1 e 0,99 no dia 2. O RCI corresponde ao número de larvas do parasita recuperadas da carcaça (neste caso, do cavalo) a dividir pelo número de larvas do parasita inoculadas para infetar roedores (53,54). Hill *et al.* também constatarem que depois de 4 semanas de armazenamento à temperatura referida, apesar da carne ainda apresentar um pequeno número destes parasitas, estes perderam a sua capacidade de infetar roedores (53). No mesmo sentido, Medina-Lerena *et al.* avaliaram a influência de diferentes métodos de processamento (incluindo a congelação a -20 °C) no RCI do parasita *Trichinella spiralis* na carne de porco (54). Os autores concluíram que a congelação levou a uma completa eliminação da viabilidade e da capacidade de infeção por parte deste parasita. Já Vieira *et al.* constatarem com o seu estudo que o armazenamento da carne de vaca por congelação a -20 °C e a -80 °C até 90 dias não causou degradação da carne por microrganismos (55). Isto porque a maior contagem verificada foi de bactérias psicrotróficas, cujo valor foi de 3,11 log₁₀ unidades formadoras de colónias (UFC)/cm². Normalmente, a degradação da carne por microrganismos ocorre

quando a população microbiana atinge $7-8 \log_{10}$ UFC/cm², mas também depende do tipo de microrganismos presentes.

Concluindo, os estudos mencionados constataram que a congelação não teve efeito nos níveis bacterianos da carne. Ainda assim, o processamento e o armazenamento da carne por congelação permitiram a diminuição dos níveis de parasitas neste alimento, o que é benéfico para a segurança e a qualidade alimentar, aumentando o tempo de prateleira do produto cárnico.

- **Lípidos: oxidação**

Apesar das temperaturas baixas de congelação reduzirem a taxa das reações químicas e bioquímicas, como a oxidação lipídica, durante o armazenamento prolongado da carne por congelação, podem ocorrer processos de degradação, principalmente em produtos com elevados teores de lípidos (por exemplo, PUFA's) e de pró-oxidantes (34,39). A oxidação lipídica é uma das características que influencia mais negativamente as propriedades organolépticas (por exemplo, a cor e o sabor) e nutricionais dos alimentos (50). A atividade enzimática das peroxidases é um dos principais motivos responsáveis pela oxidação, gerando produtos indesejáveis ao nível das propriedades referidas anteriormente. A oxidação lipídica, que promove também a oxidação da mioglobina, envolve a formação de hidroperóxidos (produto primário) e de outras espécies reativas (espécies reativas de oxigénio (ROS, do inglês *reactive oxygen species*), radicais hidroxilo lipídicos, radicais alcóxilo) (56,57). Posteriormente formam-se os produtos secundários da oxidação lipídica, nomeadamente os compostos voláteis, como os aldeídos, cetonas, alguns álcoois (Figura 9), epóxidos, entre outros, que potenciam o aumento do sabor e do odor a ranço dos alimentos e a descoloração da carne (por exemplo, através do acastanhamento enzimático). Os hidroperóxidos (ROOH) ao reagirem com metais ou complexos metálicos sofrem clivagem homolítica ou heterolítica para produzir radicais peróxido (ROO[•]) ou radicais alcóxido (RO[•]) (56,58). Estes por sua vez vão originar os tais produtos secundários (Figura 9). Tais fenómenos devem-se à ação de, por exemplo, enzimas oxidativas e quando os antioxidantes na dieta, como vitamina E, são baixos (59). Ainda assim, na maioria dos alimentos congelados as perdas não são significativas (34). Contudo, alimentos com maior teor de PUFA's (por exemplo, frango) conservam-se menos tempo congelados (6 a 12 meses) quando comparados com alimentos

com menores teores de PUFA's (por exemplo, bifes de vaca, cordeiro). Estes toleram tempos de congelação longos (mais de 12 meses).

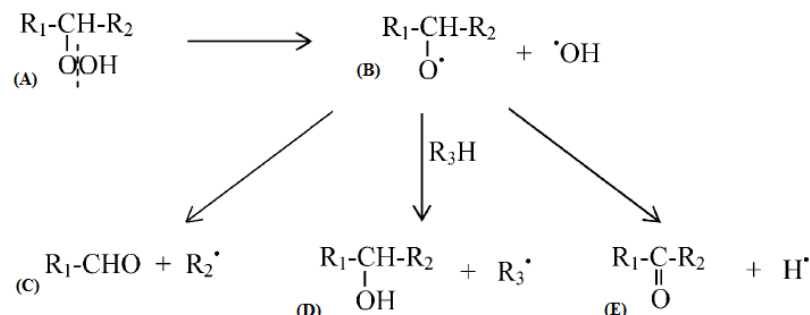


Figura 9 – Decomposição do hidroperóxido (A) com formação do radical alcóxilo (B). Vias de formação de produtos de oxidação secundária: aldeído (C), álcool (D), cetona (E). Adaptado de (58).

Ao longo dos anos foram realizados vários estudos para avaliar a evolução da oxidação lipídica em carne congelada. Um deles foi o de Muela *et al.*, em que se avaliaram os efeitos dos métodos de congelação (congelação por contacto com ar frio através de um túnel em *batch*, congelação por contacto com ar frio através de um túnel contínuo e congelação criogénica) e a duração do armazenamento por congelação na qualidade da carne de cordeiro (60). Com este estudo, os autores concluíram que tanto os métodos como o tempo de congelação tiveram efeitos diferentes na oxidação lipídica da carne, porém estes não afetaram significativamente as características do alimento. Ainda assim, uma taxa de congelação lenta combinada com um longo período de armazenamento foi a pior escolha de modo a prevenir a oxidação lipídica. Isto deveu-se provavelmente ao dano de algumas estruturas celulares, nomeadamente da membrana de fosfolípidos polinsaturados, o que levou a uma diminuição no número de fosfolípidos, permitindo o contacto direto entre as enzimas e o substrato (61). Comprovaram também que entre os diferentes métodos e comparando com a carne fresca não se verificaram diferenças estatísticas significativas relativamente à oxidação lipídica durante o primeiro mês de armazenamento (a -18 °C) (60). Contudo, ao fim de 6 meses de armazenamento por congelação (a -18 °C), já se verificaram diferenças entre os métodos de congelação, sendo que o pior cenário foi a congelação lenta através do túnel de congelação em *batch* (a -30 °C durante 30 h) e o melhor cenário foi a congelação rápida (criogénica) a temperaturas muito baixas (a -75 °C durante 15 min). Além disso, dentro do mesmo método, a oxidação lipídica aumentou com o tempo de

armazenamento. Isto justifica-se novamente pela continuação da ocorrência destas reações de degradação durante o armazenamento longo por congelação, mas a uma taxa reduzida (45). Muela *et al.* também constataram que após 6 meses de armazenamento e comparativamente à carne fresca, os níveis de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS, do inglês *thiobarbituric acid-reactive substances*) são superiores na carne que foi previamente congelada. Porém, optando por um método de congelação adequado, as perdas para o alimento não são significativas (34).

Alguns destes resultados vão de encontro com estudos mais antigos como o de Hansen *et al.*, onde foi estudado o desenvolvimento da oxidação lipídica em costeletas de porco armazenadas por refrigeração antes e depois de 30 meses de congelação (62). Os autores concluíram que durante o armazenamento por refrigeração a oxidação lipídica desenvolveu-se mais rapidamente nas costeletas de porco provenientes de carne congelada (-20 °C) do que nas provenientes de carne fresca. Tal deveu-se ao facto de o produto ter sido colocado para congelar no mesmo local e nas mesmas condições do armazenamento (cerca de -20 °C durante 30 meses), o que pode ser considerado um processo de congelação lento. Assim, água no estado líquido está disponível durante mais tempo para ocorrer a oxidação lipídica e haverá a formação de poucos, mas grandes cristais de gelo intra e extracelularmente no alimento (40). Para além de que um armazenamento demasiado demorado também pode ser prejudicial, como já foi referido anteriormente. Os cristais formados vão provocar, por sua vez, o rebentamento das células no alimento, sendo as enzimas mitocondriais e lisossomais libertadas para o sarcoplasma e ficando mais expostas ao substrato, como já foi explicado (46). Os danos celulares provocam também a abertura do núcleo porfirínico da mioglobina, levando à libertação do ião ferro que pode induzir a oxidação lipídica (50,63). Assim, os cristais de gelo podem provocar a libertação do ião ferro (Fe^{2+}) do grupo heme da mioglobina e podem causar alterações conformacionais nas hemoproteínas, resultando numa maior exposição dos PUFA's aos grupos heme catalíticos dando-se a oxidação lipídica primária (peroxidação) (50). Isto porque o ião ferro (Fe^{2+}) do grupo heme age como pró-oxidante e leva à oxidação dos PUFA's (64). Posteriormente, pode ocorrer a oxidação lipídica secundária, levando a alterações adversas da cor, do odor, do sabor (aumento da rancidez) e até do valor nutricional da carne detetadas após descongelação (46). O ferro hémico também pode estar envolvido na decomposição dos hidroperóxidos para ocorrer a oxidação lipídica secundária (58). Isto é, o ião ferro (Fe^{2+}) do grupo heme vai reagir com o hidroperóxido

(ROOH) e origina radicais alcóxilo (RO·) (Equação 1). Estes podem sofrer ciclizações, rearranjos e outras reações e originam produtos de oxidação secundária (por exemplo, epóxidos).



Equação 1 – Reação química do íon ferro (Fe^{2+}) com o hidroperóxido (ROOH). Retirado de (58).

Nos estudos de Muela *et al.* e de Hansel *et al.*, os autores recorreram à determinação de TBARS, de acordo com protocolos referidos por Pfalzgraf *et al.* e por Juncker *et al.* respetivamente (60,62,65,66). Em vários outros estudos (Stika *et al.*, Akkose & Aktas, Lu *et al.*) também se constatou que a oxidação lipídica aumentou em alimentos sujeitos a longos períodos de armazenamento por congelação, principalmente quando o método de congelação foi lento (43,62,68). Desta forma, os produtos primários da oxidação lipídica podem acumular-se em grande extensão. Além disso, Muela *et al.* constataram que a melhor forma de congelar a carne é através da congelação criogénica que é rápida e apresenta temperatura muito baixa, já que levou a menores níveis de oxidação lipídica (60). Esta situação deveu-se à formação de muitos, mas pequenos cristais de gelo, que reduziram muito a ocorrência de oxidação lipídica e, deste modo, o produto pôde ser armazenado congelado (de preferência a temperaturas muito baixas) durante longos períodos de tempo (cerca de 2 anos) com pequenos aumentos nos valores de TBARS após 12 meses (60,68). Soyer *et al.* também se dedicaram a estudos relativos a oxidação lipídica em carne, nomeadamente no frango (69). Um dos objetivos deste estudo consistiu na avaliação dos efeitos das temperaturas de congelação (-7 °C, -12 °C, -18 °C) e da duração do armazenamento por congelação (até 6 meses a -18 °C) na oxidação lipídica no peito e na coxa de frango. Para os produtos atingirem a temperatura de congelação ideal, os tempos do processo de congelação foram curtos (30 e 35 min a -7 °C, 40 e 45 min a -12 °C e 45 e 55 min a -18 °C, para o peito e a coxa de frango respetivamente). Para tal recorreram à determinação dos valores de peróxidos, dos TBARS e do conteúdo fosfolipídico. Os autores concluíram que tanto o índice de peróxidos como o conteúdo em TBARS foram afetados pela duração do armazenamento por congelação, indicando que quanto maior for o tempo de armazenamento, maior será a oxidação lipídica no frango. No entanto, as diferentes temperaturas de congelação não afetaram nenhum dos parâmetros avaliados. Ainda assim, verificaram que o peito de frango apresentou maiores

níveis de produtos de oxidação lipídica do que a coxa, uma vez que o primeiro possui um maior conteúdo em fosfolípidos que apresentam muitos mais PUFA's que os triglicérides (69,70). Deste modo, os autores concluíram que o longo armazenamento por congelação tem fortes efeitos na suscetibilidade do frango à oxidação lipídica, devido aos seus elevados níveis de PUFA's. Assim, alimentos ricos em PUFA's não podem ser armazenados durante tanto tempo como os alimentos mais ricos em ácidos gordos saturados (por exemplo, bife de vaca), pois estão mais suscetíveis à oxidação lipídica (34). Todavia, o frango ainda tolera cerca de 6 meses de armazenamento por congelação, sendo que quanto menor for a temperatura, maior será o tempo de permanência em boas condições. É de salientar que geralmente as perdas nas características do produto não são significativas durante este período de tempo. Como foi comprovado no estudo de Leygonie *et al.*, a peroxidação (oxidação primária) dos lípidos continuou a ocorrer durante o armazenamento por congelação a uma taxa reduzida, mas constante levando à produção de peróxidos e radicais livres e à sua acumulação ao fim de tempos relativamente longos de armazenamento (68,71). Os peróxidos são suscetíveis de se degradarem e de levarem à formação de produtos de oxidação secundária que resultam no desenvolvimento de aromas e sabores rançosos quando a carne é descongelada (68). Por isso, a oxidação lipídica secundária acelera a produção do malondialdeído (quantificado através do teste do ácido tiobarbitúrico), que é um dos principais produtos da decomposição dos hidroperóxidos, resultantes da decomposição dos PUFA's, formado durante o processo oxidativo (68,72). Já no estudo de Leygonie *et al.* verificou-se a existência de oxidação lipídica na carne descongelada, visto que a carne de avestruz foi sujeita a uma congelação lenta (durante 30 dias a -20 °C) que levou à formação de grandes cristais de gelo intracelulares e, conseqüentemente, à existência de oxidação lipídica no alimento descongelado (71).

Em conclusão, a congelação da carne, quando devidamente aplicada, tem a vantagem de levar à redução das taxas das reações de oxidação lipídica. Para tal a congelação deve ocorrer de forma rápida, de modo a não haver formação de grandes cristais de gelo, responsáveis pela deterioração dos alimentos, e de modo a que a carne possa ser conservada durante períodos de armazenamento maiores sob congelação. Contudo, com os estudos apresentados concluiu-se que em armazenamentos longos por congelação podem surgir aumentos dos níveis de produtos de oxidação lipídica, já que as reações não foram totalmente terminadas. Porém, um tempo de armazenamento correto não provoca perdas significativas

nas características do alimento, causadas por estas reações, sendo que quanto mais baixa for a temperatura do armazenamento mais benéfico é para o produto. É de salientar também que produtos cárnicos com mais PUFA's estão mais suscetíveis à oxidação lipídica, tolerando menores tempos de armazenamento.

- **Proteínas: desnaturação, proteólise e oxidação**

Como já foi referido anteriormente, as fibras musculares são constituídas maioritariamente por proteínas (cerca de 80%) (14). As duas proteínas mais abundantes do sarcómero são a actina e a miosina, compreendendo cerca de 70 a 80% de todo o conteúdo proteico das fibras musculares. As proteínas são importantes para o músculo, pois contribuem para as propriedades mecânicas, fisiológicas e, conseqüentemente, para a integridade do mesmo. Vários estudos comprovaram que as proteínas do músculo são afetadas pelas temperaturas de congelação, ocorrendo essencialmente desnaturação (que causa perda de solubilidade, diminuição da atividade biológica, etc.) e proteólise (35,49).

Existem enzimas, nomeadamente as calpaínas, que causam a proteólise das proteínas miofibrilares estruturais chave (Figura 10) (76,77,78). A proteólise destas proteínas é a primeira causa para o aumento de tenrura da carne. As calpaínas são proteases de cisteína dependentes de cálcio, sendo classificadas de μ -calpaína e de m-calpaína quando necessitam de concentrações de cálcio micromolares e milimolares, respetivamente (12). A atividade da calpaína é inibida pelo polipeptídeo calpastatina (Figura 10) que é muito sensível ao armazenamento por congelação, diminuindo os seus níveis ao longo do tempo de armazenamento (75,76). A atividade da calpastatina sugere uma correlação negativa relativamente à tenrura da carne (12). Assim, a congelação torna a calpaína mais ativa, levando a uma maior proteólise. Desta forma, as forças de cisalhamento diminuem e a tenrura da carne é melhorada (75). A proteólise deve-se essencialmente ao dano estrutural das células causado pela formação de cristais de gelo que conduzem a uma maior exposição das enzimas proteolíticas ao substrato. No entanto, há ainda muita incoerência acerca do efeito da congelação na tenrura da carne, visto que vai depender dos parâmetros deste processo e também da tenrura inicial do alimento.

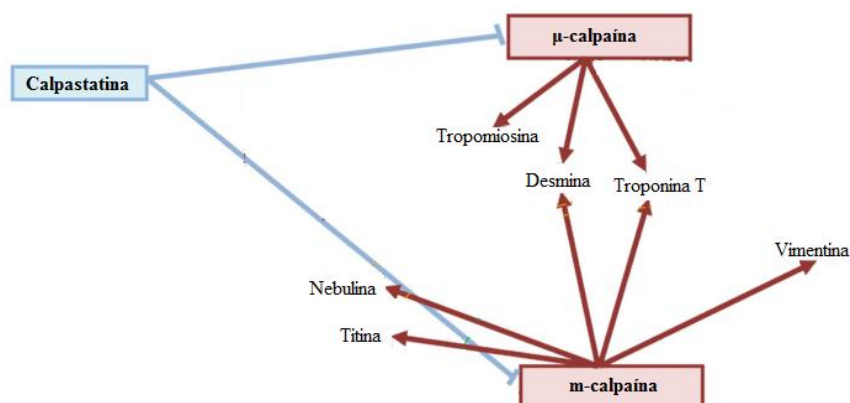


Figura 10 – Atividades proteolíticas da μ -calpaína e da m-calpaína (representadas pelas setas vermelhas) sobre proteínas miofibrilares (tropomiosina, desmina, troponina T, nebulina, titina, vimentina). Atividade inibitória do polipeptídeo calpastatina (representada pelas linhas azuis) sobre as enzimas calpaínas. Adaptado de (12).

Várias evidências comprovaram que a congelação pode ter efeitos benéficos na tenrura da carne cozinhada (78,80,81). O estudo de Shanks *et al.* mostrou que a congelação de bifes aumentou a tenrura do alimento devido à rutura das células (fibras) musculares causada pelo crescimento de cristais de gelo intracelulares, o que levou à redução das forças de cisalhamento comparativamente aos bifes frescos (77). A rutura das fibras musculares provoca a rutura do tecido conjuntivo, nomeadamente a degradação das proteínas, levando a alterações benéficas da tenrura. Tal conclusão foi comprovada nos estudos de Grayson *et al.* e de Howard *et al.* que concluíram também que a congelação diminuiu as forças de cisalhamento da carne, aumentando a tenrura do alimento (75,78). Um dos objetivos do estudo de Grayson *et al.* foi determinar o efeito da congelação na tenrura de bifes (músculos *semitemdinosus* e *longissimus lumborum*) comparando com a carne fresca (75). Os autores concluíram que carne que foi congelada (30 dias a -26°C) apresentou-se mais consistente e com melhor tenrura, devido à redução de 10 a 20% das forças de cisalhamento. Tais resultados sugerem que a inclusão da congelação no caso da carne pode ser vantajosa organoleticamente. Por outro lado, estudos realizados em peças de carne com maior massa ou em cortes subprimários, como o de Hergenreder *et al.*, constataram que as taxas de congelação não afetaram significativamente as forças de cisalhamento da carne, não alterando a tenrura (79). Estas diferenças nos resultados podem ser explicadas pelo facto de as peças de carne em estudo terem diferentes espessuras e, assim, terem taxas de congelação distintas, o que altera a taxa da rutura celular causada pela congelação.

Ainda assim, se a congelação for lenta haverá formação de cristais de gelo grandes que causarão uma maior degradação estrutural, o que levará a uma maior diminuição das forças de cisalhamento (34,77). No entanto, a congelação lenta provoca, entre outros problemas já referidos, a diminuição da capacidade de retenção de água (WHC, do inglês *water-holding capacity*) que danifica a tenrura da carne (75). Tal foi comprovado com o estudo de Estévez *et al.* que concluíram que a WHC diminuiu com o aumento do tempo de congelação (durante 12 semanas a -18°C) e que esta diminuição está relacionada com o aumento da oxidação das proteínas miofibrilares, nomeadamente com a formação de carbonilos proteicos (35). Tal deve-se ao facto de estes formarem ligações de dissulfureto intra e interproteínas que, por sua vez, diminuem a funcionalidade proteica, levando à diminuição da WHC e, assim, degradando a textura (2). Utrera *et al.* também avaliaram as alterações na WHC, na cor e na textura de produtos cárnicos (por exemplo, rissóis, empadas, etc.) depois da congelação e do armazenamento por congelação durante 20 semanas a -18 °C (80). Os autores observaram que a oxidação proteica levou à perda de WHC e à descoloração dos produtos de carne estudados. A perda de água durante a descongelação reduz a tenrura da carne e a qualidade no geral, o que leva a perdas no valor comercial (35). Assim, como a congelação lenta diminui a WHC, o facto de também diminuir as forças de cisalhamento pode não compensar para haver aumento de tenrura (73,81). Portanto, é necessário otimizar um processo de congelação que evite as perdas de água adversas para a tenrura da carne (75). Neste sentido, vários estudos constataram que a congelação rápida da carne (temperaturas mais baixas) diminuiu o dano celular, pois formaram-se cristais de gelo pequenos (79,82). Assim, as células não são tão danificadas, os agentes de oxidação não são libertados, as proteínas não são degradadas, o que leva a uma maior WHC, não prejudicando a tenrura. No entanto, a tenrura da carne também está associada a vários outros fatores, como características genéticas, alimentação/nutrição, *stress* do animal devido às técnicas de abate, entre outros (12).

Em conclusão, constatou-se que a congelação tem influência nas características sensoriais, nomeadamente na textura e na tenrura da carne. Através dos estudos mencionados verificou-se que para se obterem maiores diminuições das forças de cisalhamento é necessário haver maior rutura celular provocada pela formação de cristais de gelo grandes (congelação mais lenta). Todavia, os resultados podem diferir dependendo da espessura do produto. Por outro lado, a congelação lenta também está relacionada com maiores perdas de

água do alimento, quando este é descongelado. Desta forma, é necessário estabelecer um equilíbrio e otimizar um processo de congelação para evitar perdas organoléticas desagradáveis. Assim, para evitar a redução da WHC é necessário que a congelação seja rápida, de modo a provocar menor rutura celular, levando a menores perdas de água quando a carne for descongelada, já que este parâmetro é importante para a textura e para a tenrura do alimento.

Em suma, foi possível concluir que o melhor cenário de congelação de um produto cárnico é uma congelação rápida com um armazenamento a temperaturas baixas. Desta forma, haverá menos água no estado líquido disponível e a temperatura será demasiado baixa para se desencadearem as reações de deterioração do alimento (devido à diminuição da atividade enzimática). Também não haverá elevada rutura celular, que causaria exsudação e perdas de água, visto que os cristais de gelo formados são pequenos. Já o pior cenário é uma congelação lenta, seguida de um armazenamento bastante longo. Neste tipo de congelação, a água no estado líquido demora a congelar, estando disponível durante mais tempo para a ocorrência das referidas reações. Também há formação de grandes cristais de gelo que levam à rutura de células e tecidos e que podem provocar o aumento de reações de oxidação, devido à libertação de enzimas, podendo levar também a perdas de água que danificam a textura e a tenrura. Por outro lado, a congelação lenta, através da formação dos grandes cristais de gelo, também causa a diminuição das forças de cisalhamento e, por conseguinte, aumenta a tenrura da carne. Todavia, este tipo de congelação favorece as perdas de água que não são favoráveis para a tenrura do alimento. Além disso, a congelação vai provocar danos na estrutura de parasitas e de larvas, diminuindo os seus níveis na carne. Assim, a legislação definiu as temperaturas de -18 °C ou inferiores para alimentos ultracongelados, já que a estes valores de temperatura, tanto os níveis microbianos como as taxas das reações bioquímicas prejudiciais do alimento são aceitáveis para o consumo do mesmo. Deste modo, é importante estabelecer o binómio tempo/temperatura mais adequado, e em função das condições processuais, para uma correta congelação dos diferentes produtos cárnicos.

2.3. *International Featured Standards* (Certificações IFS)

As certificações *International Featured Standards* (IFS) são padrões uniformes para alimentos, produtos e serviços, conduzindo ao cumprimento dos requisitos legais de segurança e assegurando a qualidade (83,84). Para tal, são normas comuns desenvolvidas para todos os fornecedores interessados e de modo a dar uma resposta concreta às expectativas dos clientes, relativamente à segurança e à qualidade de produtos e serviços (85).

Existem vários tipos de certificações IFS, sendo uma delas a IFS *Food*. Esta norma é aplicada às organizações que processam alimentos ou que procedem ao seu embalamento (85). Também é aplicada quando existe um potencial perigo de contaminação dos alimentos durante o embalamento primário. Esta certificação está direcionada para a indústria agroalimentar, nomeadamente para fornecedores com marca própria, sendo uma norma para auditoria aos produtores relativamente à segurança e à qualidade de processos e produtos alimentares (84,86).

Para tal, a norma IFS *Food* avalia um conjunto de requisitos, sendo eles a responsabilidade da direção, a gestão do sistema de qualidade e segurança alimentar, a gestão de recursos, o planeamento e o processo de produção, as medições, análises e melhorias e *Food Defense* (86). No que respeita à responsabilidade da direção, a direção deve implementar uma política corporativa que considere, no mínimo, o foco no cliente, a responsabilidade ambiental, a sustentabilidade, a ética e a responsabilidade social e os requisitos do produto (ou seja, a segurança, a qualidade, a legalidade, o processo e a especificação do produto) (87). Relativamente à gestão do sistema de qualidade e de segurança alimentar, esta deve ser documentada, implementada e mantida em local definido. A base do sistema de gestão de segurança deve ser o sistema de HACCP que tem que estar completamente implementado e sistematizado, baseado nos princípios do *Codex Alimentarius*. O sistema HACCP deve abranger todas as matérias-primas e produtos da empresa, desde o momento da sua receção até à expedição dos produtos. Deve incluir também o desenvolvimento e o acondicionamento dos produtos. Para além disto, o sistema HACCP deve considerar também todos os requisitos legais dos países de origem e de destino. No que respeita à gestão de recursos, todos os funcionários da empresa que realizam um trabalho com impacto na segurança, na qualidade e na legalidade do alimento devem ser competentes ao nível da análise de perigos e da avaliação dos riscos associados. Quanto ao

planeamento e ao processo de produção, especificações atualizadas, legais e de acordo com os requisitos dos clientes devem estar definidas para todos os produtos finais, deve ser implementado um procedimento para o desenvolvimento do produto de acordo com o sistema HACCP, os processos de aquisição devem ser controlados pela empresa de modo a garantir que todos os materiais/serviços de terceiros, que tenham impacto na segurança e na qualidade do alimento, estejam em conformidade. Também deve considerar as especificações da embalagem do produto, a localização da fábrica (se o local não tem impacto negativo na segurança e na qualidade do alimento), a limpeza e desinfecção, o descarte de resíduos, o risco de materiais estranhos, vidro partido, metal e madeira, o controlo de pragas, organismos geneticamente modificados, alergénios, entre outros. Relativamente às medições, análises e melhorias, este tópico deve considerar as auditorias internas, as inspeções da fábrica, a validação e o controlo do processo, a calibração dos equipamentos, o controlo da quantidade/volume, as análises do produto, a retenção ou não de produtos, a gestão de reclamações de clientes/autoridades, a gestão de incidentes, de não conformidades e de produtos não conformes e a aplicação de ações preventivas e/ou corretivas. Por último, o *Food Defense* considera todas as análises de perigos e avaliações de risco que possam afetar negativamente a segurança e a qualidade do alimento.

A IFS *Food* tem como objetivos estabelecer um padrão comum com um sistema de avaliação uniforme, trabalhar com organismos de certificação acreditados e auditores qualificados aprovados para a IFS *Food*, garantir a transparência em toda a cadeia de abastecimento, reduzir custos e tempo tanto para fabricantes como para revendedores (86). Além disto, apresenta vários benefícios ao nível da produção, como por exemplo:

- melhor compreensão da direção e dos funcionários no que respeita às boas práticas, padrões e procedimentos;
- avaliação da conformidade através de regulamentos alimentares;
- uso mais eficaz de recursos;
- redução do número de auditorias de clientes;
- entre outros.

Ao nível do *marketing*, a IFS *Food* também apresenta benefícios, tais como:

- aumento da reputação comercial como sendo uma empresa com fabrico de produtos de elevada qualidade e seguros;

- capacidade de negociar com clientes que exigem auditorias de terceiros;
- utilização do logotipo da IFS (Figura 11) e do certificado de forma a demonstrar o cumprimento dos padrões mais elevados.

Deste modo, e como a empresa Irmãos Monteiro, S.A. pretende diferenciar-se nos parâmetros de segurança e qualidade alimentar e na satisfação dos seus clientes, surgiu a necessidade de implementar a norma IFS *Food*. Esta norma corresponde à versão 6 de abril de 2014.



Figura 11 – Logotipo das certificações IFS (esquerda); logotipo da certificação IFS *Food* (direita) (84,86).

2.4. Desenvolvimento de produtos de salsicharia

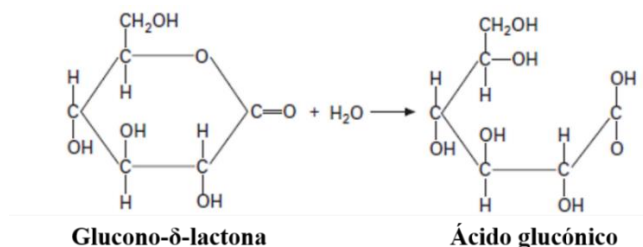
Nos últimos 3 meses do estágio curricular na empresa Irmãos Monteiro, S.A., foi possível colaborar no desenvolvimento de dois produtos, nomeadamente salame e *chorizo* picante. Ambos são produtos de salsicharia, sendo que no primeiro caso houve alteração da formulação e, consequentemente, de algumas etapas do processo de fabrico do salame já produzido na empresa. Já no segundo caso houve o desenvolvimento completo da formulação e do procedimento, de modo ao *chorizo* picante começar a ser produzido e comercializado pela empresa Irmãos Monteiro, S.A..

O salame é um produto de salsicharia curado (88). O processo de produção deste produto envolve várias etapas, sendo elas a picagem da carne e a mistura com os ingredientes e aditivos, o enchimento, a fermentação (para diminuir o pH do produto) se não tiver sido adicionado um regulador de acidez, como a glucono- δ -lactona (GDL) (2). O produto também pode passar pelo fumeiro no início ou depois da fermentação (2,88). A última etapa é a cura durante cerca de 3 a 4 semanas até o salame atingir 30% de quebra (determinada pela perda de água).

Alguns exemplos dos ingredientes usados são o sal, que serve inicialmente para diminuir a atividade da água e também para o sabor salgado característico destes produtos (2). O nitrito é outro exemplo de aditivos adicionado para a produção de salame. É um agente de cura típico que para além de ser adicionado para o desenvolvimento da cor e do sabor típicos dos produtos curados, atua como conservante, sendo utilizado para evitar o crescimento de microrganismos patogénicos, como *Clostridium botulinum*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, e para prevenir a oxidação (2,88). A adição de algumas especiarias também é importante para o sabor e para a aparência típicos deste tipo de produto (88). De forma a retardar o desenvolvimento de rancidez e aumentar o prazo de validade do produto, também podem ser adicionados antioxidantes à carne que vão desativar ou neutralizar os radicais livres. Também pode ser adicionado um intensificador de sabor, como o glutamato monossódico. Os intensificadores de sabor são substâncias que não têm sabor próprio, mas que vão levar a uma melhor perceção do sabor do alimento (neste caso, da carne).

Uma das principais características do salame é a diminuição do pH para valores inferiores a 5,2, que é importante ao nível do sabor (sabor ácido característico), da cor e da estabilidade microbiológica (88). Porém, a diminuição rápida do pH do salame até 5,2 vai provocar a redução drástica da atividade de enzimas relacionadas com o sabor, como as

exoproteases, podendo originar produtos com menor qualidade (2). Os métodos mais utilizados para a diminuição do pH são a adição de acidulantes químicos, como GDL, ou de culturas *starter*, neste caso para ocorrer fermentação (2,88). No primeiro caso, o GDL em presença de água (proveniente da carne) é hidrolisado a ácido glucónico (Equação 2).



Equação 2 – Hidrólise de glucono-δ-lactona e formação do ácido glucónico. Adaptado de (88).

Por outro lado, para ocorrer a fermentação, ocorre a adição de açúcares, como glucose e lactose, que são fermentados por culturas *starter*, por exemplo de bactérias lácticas homo ou heterofermentativas, originando ácido láctico (2,88). A acumulação de ácido láctico diminui o pH do salame.

O tempo que o pH demora a diminuir até valores inferiores a 5,2 depende de fatores como do açúcar adicionado e da temperatura durante as primeiras 48 horas de fermentação (88). Monossacarídeos como a glucose, que são diretamente fermentados a ácido láctico, e temperaturas relativamente elevadas (cerca de 26-28 °C) provocam uma diminuição rápida do pH (entre 24 e 36 horas) até valores inferiores a 5,2. Se for adicionado um dissacarídeo, por exemplo, a diminuição do pH ocorre mais lentamente, já que é necessário que este açúcar seja hidrolisado a monossacarídeos pelos microrganismos (2). Se no caso da adição de GDL a temperatura também for elevada, vai haver uma rápida formação de ácido glucónico (88). A diminuição rápida do pH pode não ser favorável para o produto, como já foi referido. Deste modo, temperaturas moderadas (cerca de 18-24 °C) durante a fermentação levam a uma diminuição mais lenta do pH (2,88). Ainda assim, de acordo com a literatura, a diminuição do pH para valores inferiores a 5,2 deve ocorrer até cerca 48 horas após a fermentação começar para reduzir o risco de crescimento de microrganismos como *Salmonella* spp. ou *Listeria monocytogenes* (88). É de salientar ainda o facto que, durante a fermentação, a humidade relativa do ar deve estar alta para evitar o endurecimento excessivo do salame, por exemplo.

Outra das etapas da produção do salame é a passagem pelo fumeiro (2). Nalguns casos, esta etapa pode ocorrer logo depois da fermentação ou então no início da fermentação. Na

situação da empresa, este processo pode ocorrer a cerca de 25 °C (ou a temperaturas um pouco mais elevadas, até cerca de 40 °C) e um dos seus objetivos é criar o sabor típico de produto fumado (88). Compostos como o formaldeído, lactonas e fenóis são os principais responsáveis pelo desenvolvimento do sabor a fumo. Para além disto, outra das funções da fumagem é o efeito antimicrobiano de alguns compostos do fumo, como dos fenóis, ácidos carboxílicos e formaldeído, que inibem o crescimento de algumas bactérias (2). Os fenóis são ácidos que desnaturam proteínas e rompem as membranas celulares das bactérias (88). Isto, por sua vez, pode levar à morte da célula ou torna muito difícil o seu crescimento. O processo de fumagem também ajuda na prevenção do crescimento de bolores e evita a oxidação da superfície do produto, já que os fenóis atuam como antioxidantes, desativando os radicais de ácidos gordos livres.

Relativamente à cor de cura típica do salame, esta vai depender de vários fatores. Entre eles encontram-se, principalmente, a quantidade da hemoproteína mioglobina, da adição de nitrito ao produto e também do valor de pH (2,88). A cor característica dos produtos curados (cor vermelha/rosada) deve-se, essencialmente, à reação do nitrito com a mioglobina (2). A diminuição do pH é importante para o desenvolvimento da cor de cura (88). Esta cor surge mais rapidamente se for atingido o pH ótimo, ou seja, cerca de 5,2. Assim, nestas condições de pH ácido, com a adição de nitrito (por exemplo, de nitrito de sódio, NaNO_2) à carne vai ocorrer a redução a óxido nítrico (NO). Este é um processo químico que vai resultar na obtenção de ácido nitroso (HNO_2) como um intermediário (Equação 3A). A este pH ($\approx 5,2$), HNO_2 está completamente presente na sua forma não dissociada que é a única forma que se pode dissociar em NO (Equação 3B). Assim, vai obter-se uma quantidade ótima de NO. Deste modo, NO pode reagir com a mioglobina, originando nitrosomioglobina, que provoca o aparecimento da cor vermelha/rosada característica de produtos curados (Equação 3C) (2,88). Para além destes efeitos, o nitrito também ajuda no desenvolvimento do sabor de cura e atua como conservante, como já foi referido (88).



Equação 3 – Formação do intermediário HNO_2 (A); Dissociação de HNO_2 em NO (B); Reação de NO com a mioglobina para originar nitrosomioglobina (C). Adaptado de (88).

Durante o processo de cura e para ser obtido o produto final é necessário que este obtenha uma quebra de 30% (2). O processo de quebra significa redução no conteúdo de água do produto, sendo esta determinada pela perda de peso (neste caso, cerca de 30%). A quebra é possível devido à diminuição do pH para valores de cerca de 5,2, que vai provocar a coagulação proteica. Esta por sua vez vai levar à libertação de água que deve difundir para a superfície externa do produto e depois evaporar para o meio exterior.

No caso da produção do salame pela empresa Irmãos Monteiro, S.A., um dos ingredientes (composto X*) será descontinuado devido a só poder ser comprado em elevadas quantidades. Como só é utilizada uma pequena quantidade deste composto para a produção dos salames, o composto X acaba por ficar aberto muito tempo, perdendo a validade e assim causa desperdício para a empresa. Deste modo, foi necessária a alteração da formulação do salame de modo a retirar o composto X da sua formulação e a substituí-lo por ingredientes já existentes na empresa para evitar o aumento de custos. O composto X é importante para a produção de salame já que possui GDL que, como já foi referido, provoca a diminuição do pH que é característico deste tipo de produtos. Assim, foi necessário arranjar uma alternativa, optando-se pela fermentação láctica.

Já no caso do *chorizo* picante, e a pedido de um cliente, surgiu o interesse de iniciar a sua produção pela empresa Irmãos Monteiro, S.A.. Deste modo, foi necessário o desenvolvimento da formulação e do método de produção. O *chorizo* picante é outro tipo de produto curado que segue um processo de fabrico muito semelhante ao do salame.

É de salientar ainda o facto de que esta parte do trabalho, ou seja, o desenvolvimento de produtos de salsicharia, foi realizada em coautoria com uma colega da Universidade de Aveiro, Renata Amaral, que também realizou o seu estágio curricular de Mestrado durante o mesmo período na empresa Irmãos Monteiro, S.A.. Esta parte do trabalho foi realizada no último trimestre do estágio e serviu para colaborar com a empresa na resolução dos problemas já referidos.

*Por questões de sigilo nas formulações dos produtos de salsicharia da empresa não foi possível indicar o nome verdadeiro do composto, pelo que se optou por designar de composto X.

2.5. Análise sensorial

A análise sensorial é definida como “a disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar as reações às características de alimentos e outros materiais tais como são percebidas pelos sentidos da visão, do olfato, do tato, do sabor e da audição” (89). A análise sensorial engloba também outros conhecimentos transmitidos por memórias e recordações, para além do que é transmitido pelos cinco sentidos (90).

Existem vários métodos/testes de análise sensorial. Entre eles encontram-se os discriminativos ou de diferença, descritivos e afetivos ou hedónicos (89,90). Os primeiros avaliam as diferenças entre dois ou mais produtos por comparação entre eles, no entanto no âmbito desta dissertação, estes métodos não foram utilizados. Já os descritivos permitem a obtenção de informações sensoriais detalhadas dos produtos, sendo destinados a painéis de provadores treinados. Os testes sensoriais descritivos mais comuns são os quantitativos, nos quais os provadores avaliam o grau de intensidade dos atributos do produto através de uma escala. Nestes testes as características organoléticas dos produtos são avaliadas ao detalhe pelos cinco sentidos. As características organoléticas incluem o aspeto, o odor, a textura e o sabor (onde estão incluídos o gosto e o aroma) (89,91). Por último, os testes sensoriais afetivos ou hedónicos são testes quantitativos que determinam o grau de apreciação de um produto através de uma escala (89). Este teste é destinado aos consumidores (painéis não treinados), sendo que a amostra de provadores deve apresentar entre 75 a 150 elementos que consumam regularmente os produtos. São necessários muitos provadores nestes painéis, uma vez que neste tipo de teste há normalmente uma grande variabilidade de respostas, devido às diferentes preferências individuais dos provadores. Deste modo, é importante compensar esta variabilidade com um elevado número de provadores para ser possível realizar uma avaliação estatística confiável. Em suma, estes testes de análise sensorial são essenciais para avaliar os gostos dos consumidores (90).

Depois do desenvolvimento do salame e do *chorizo* picante foi necessária a realização de testes de análise sensorial para serem obtidas informações sobre as características organoléticas dos produtos. Para tal, e apesar de serem estudos preliminares, realizaram-se testes sensoriais afetivos destinados aos consumidores (painel não treinado) e também a painéis internos da empresa e testes descritivos destinados unicamente a painéis internos. É de salientar o facto de que esta parte do trabalho também foi realizada em coautoria com mesma colega da Universidade de Aveiro, Renata Amaral.

3. Casos de estudo: Acompanhamento de processos de congelação e de ultracongelação de produtos cárnicos

Como já foi descrito no capítulo da revisão bibliográfica, a congelação é um bom processo de conservação de alimentos quando aplicado de forma correta, sendo um dos métodos de conservação mais utilizados pela indústria alimentar já há muitas décadas. Dependendo do produto alimentar, nomeadamente da sua massa, mesmo dentro da mesma categoria (por exemplo, produtos cárnicos), o tipo de congelação adequado varia, não se podendo uniformizar um método de congelação para todos os alimentos. Como já foi referido na revisão bibliográfica, processos de congelação demasiado lentos podem levar a danos no alimento, devido ao crescimento dos cristais de gelo (34). Assim, é necessário encontrar um método de congelação que não seja prolongado de modo a não afetar negativamente as características organoléticas e a segurança do alimento. Além disso, está estipulado pela legislação que um produto devidamente ultracongelado tem que apresentar temperaturas de -18 °C ou inferiores, de modo ao alimento ser considerado seguro e ainda apresentar boa qualidade para consumo (33). Deste modo, avaliaram-se vários métodos de congelação na empresa Irmãos Monteiro, S.A., de modo a determinar o tempo de ultracongelação de vários produtos cárnicos e de modo a que as temperaturas dos produtos estejam de acordo com a legislação. Para tal, foram levados em conta vários fatores, como por exemplo as temperaturas do ar dos equipamentos de congelação, de modo a poder ser determinado o binómio tempo/temperatura de ultracongelação.

3.1. Materiais e métodos

Durante 7 meses de estágio na empresa Irmãos Monteiro, S.A. procedeu-se ao acompanhamento de vários processos de ultracongelação, de modo a determinar o tempo de ultracongelação para vários produtos cárnicos. Entre os produtos escolhidos para a realização do estudo encontram-se os *trimmings* de novilho, as pernas coxas de frango, os bifes de frango e os hambúrgueres de porco (60g) e de frango (80g). Estes foram os produtos selecionados, uma vez que são os produtos mais produzidos e/ou comercializados pela empresa Irmãos Monteiro, S.A., pelo que é mais premente a determinação dos seus tempos de ultracongelação.

3.1.1. *Trimmings* de novilho

Um dos produtos escolhidos para o estudo foi o *trimming* de novilho. Este produto consiste em aparas de carne de novilho que são usadas para a produção de hambúrgueres, almôndegas, alguns pré-cozinhados (rissóis, por exemplo) e produtos de salsicharia (salames, chouriços, entre outros) após picagem da carne. O estudo dividiu-se em duas partes, uma realizada durante a semana (dias úteis) e outra ao fim de semana. Para a realização do estudo ao fim de semana inseriu-se a sonda do *Data Logger* (testo, 175T2) com medições e registos de temperatura de 5 em 5 minutos num *trimming* de novilho colocado numa grade (Figura 12A) a meio de uma palete (Figura 12B). De seguida, transportou-se a palete (entre 18 a 26 grades) com os produtos frescos para a antecâmara do túnel de congelação em *batch*, para o produto atingir temperaturas de -18,0 °C ou inferiores. O estudo realizado durante os dias úteis seguiu o mesmo método, com a exceção de não ser realizado numa palete (Figura 12C). Isto deveu-se ao facto de, em várias alturas, alguns setores de produção da empresa (salsicharia e produção de preparados de carne, como hambúrgueres) necessitarem dos *trimmings* para o fabrico de produtos e, assim, não foi possível manter a palete com todas as grades de *trimmings* de novilho na antecâmara do túnel de congelação em *batch* durante o tempo necessário para o estudo. Neste caso, a sonda do *Data Logger* foi colocada num *trimming* de novilho na grade rodeada a verde na Figura 12C, encostada à parede ou a outra palete num dos lados, para minimizar as diferenças entre este estudo e o realizado em palete ao fim de semana. Isto porque no estudo realizado ao fim de semana, ou seja, em palete, a grade com os *trimmings* de novilho em estudo esteve sempre encostada num dos lados a outra grade, como se verifica na Figura 12B. O estudo foi realizado 10 vezes, 5 durante os dias úteis e 5 ao fim de semana. É de salientar que o nível de utilização da capacidade da antecâmara do túnel de congelação em *batch* não foi constante em todos os ensaios realizados.



Figura 12 – Sonda do *Data Logger* (testo, 175T2) inserida nos *trimmings* de novilho (A). Identificação da grade (rodeada a verde) de *trimmings* de novilho em estudo numa paleta durante a ultracongelção ao fim de semana na antecâmara do túnel de congelação em *batch* (B). Identificação da grade (rodeada a verde) de *trimmings* de novilho em estudo durante a ultracongelção à semana (dias úteis) na antecâmara do túnel de congelação em *batch* (C).

3.1.2. Perna coxa de frango

Outro produto escolhido foi a perna coxa de frango. Neste estudo determinou-se o tempo de ultracongelção necessário para a perna coxa atingir temperaturas adequadas de ultracongelção no túnel de congelação em *batch*. Os produtos em estudo eram frescos e estavam embalados em caixa de cartão com um total de 40 pernas coxas de frango. Procedeu-se então à colocação da sonda do *Data Logger* (testo, 175T2) no alimento (Figura 13A), fechou-se a caixa e colocou-se a mesma a meio da paleta (Figura 13B). De seguida ativou-se o *Data Logger* (testo, 175T2) que estava programado para registar medições de temperatura de 5 em 5 minutos e transportou-se a paleta para o túnel de congelação em *batch* (Figura 13C) até que o produto atingisse as temperaturas de ultracongelção ($-18,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou menos). O estudo foi realizado 5 vezes. É de salientar que o nível de utilização da capacidade do túnel de congelação em *batch* não foi constante em todos os ensaios realizados.



Figura 13 – Sonda do *Data Logger* (*testo*, 175T2) inserida na perna coxa de frango em estudo (A). Identificação da caixa com a sonda do *Data Logger* (*testo*, 175T2) inserida numa perna coxa de frango (B). Paleta de pernas coxas de frango embaladas em caixa de cartão no túnel de congelação em *batch* (C).

3.1.3. Bife de frango

O bife de frango foi outro dos produtos escolhidos para a determinação do tempo de ultracongelação. Inicialmente, procedeu-se à medição da temperatura interna de 6 bifres de modo aleatório em cada dia dos estudos com o termómetro *testo* 826-T4. Primeiramente, os bifres de frango passaram por um processo prévio de congelação num túnel de congelação contínuo (Figura 14A). De seguida, procedeu-se à medição da temperatura interna do produto com o termómetro *testo* 826-T4 que contém uma sonda de perfuração para alimentos congelados (Figura 14B).



Figura 14 – Saída de bifres de frango do túnel de congelação contínuo (A). Medição da temperatura interna do bife de frango com o termómetro (*testo* 826-T4) (B).

No entanto, só esta etapa não foi suficiente para os bifes de frango atingirem as temperaturas de ultracongelção, como irá ser discutido posteriormente. Deste modo, realizaram-se de seguida dois tipos de estudo. Numa primeira fase, optou-se por embalar os bifes em caixa de cartão com uma capacidade para 7 Kg de produto e inseriu-se a sonda do *Data Logger* (testo, 175T2) num dos produtos (Figura 15A). De seguida fez-se uma palete de 45 caixas e colocou-se a caixa em estudo a meio da palete (Figura 15B), levando-se ao túnel de congelação em *batch* até serem atingidas as temperaturas de ultracongelção, isto é, -18,0 °C ou inferiores (33). Numa segunda fase, optou-se por fazer outro estudo, no qual os bifes de frango foram colocados em grades de plástico, seguindo-se o resto do processo de ultracongelção no túnel de congelação em *batch* (Figura 15C). A sonda foi colocada num dos produtos na última grade, sempre com mais duas grades por cima. Em cada um dos estudos foram utilizadas 6 amostras, sendo que, no mesmo tipo de estudo, todas elas foram avaliadas em diferentes dias úteis (uma amostra por dia). É de salientar que o nível de utilização da capacidade do túnel de congelação em *batch* não foi constante em todos os estudos realizados, apresentando-se por vezes cheio, vazio ou com meia carga.

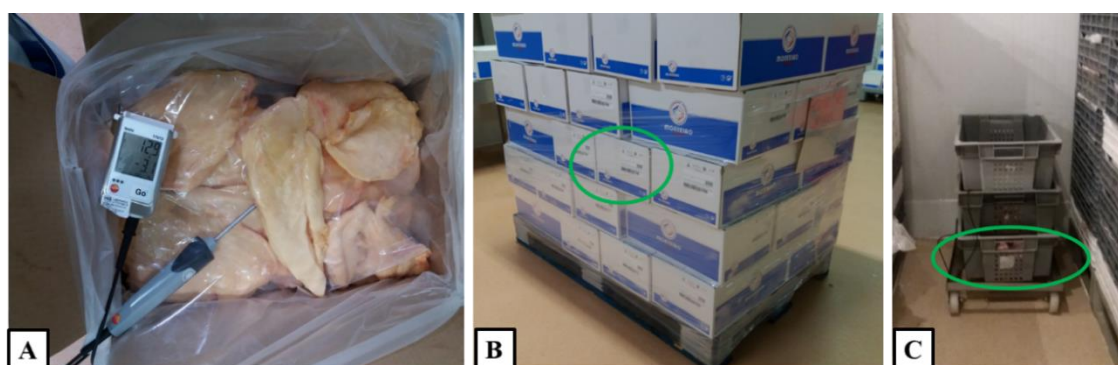


Figura 15 – Colocação da sonda do *Data Logger* (testo, 175T2) num bife de frango posteriormente embalado em caixa (A). Paleta de 45 caixas de 7 Kg de bifes de frango com identificação da caixa com o produto em estudo (B). Identificação da grade com o produto em estudo já no túnel de congelação em *batch* (C).

3.1.4. Hambúrguer de porco (60g)

No caso do hambúrguer de porco (60g), este foi ultracongelado num túnel de congelação contínuo durante 5 minutos (Figura 16A). Como não foi possível colocar o *Data Logger* (testo, 175T2) a acompanhar o processo de ultracongelção dos hambúrgueres dentro deste túnel, registaram-se as temperaturas destes produtos com o termómetro testo 826-T4

logo após a saída do túnel (Figura 16B). Realizou-se este estudo em 10 momentos diferentes, podendo alguns coincidir no mesmo dia de trabalho ou em dias diferentes, e em cada um deles efetuou-se a medição da temperatura interna de 10 hambúrgueres de porco (60g). No entanto, inicialmente, para se ficarem a conhecer as temperaturas iniciais dos hambúrgueres antes do processo de ultracongelação mediram-se aleatoriamente as temperaturas internas de 10 hambúrgueres antes de entrarem no túnel de congelação.

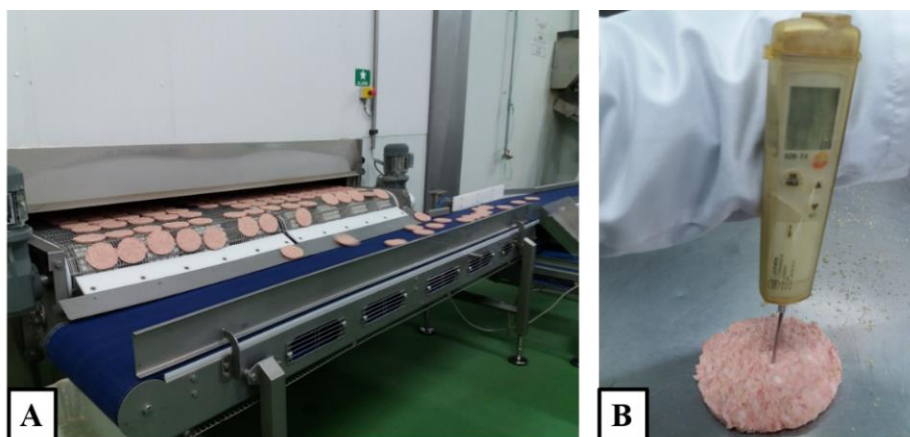


Figura 16 – Saída de hambúrgueres de porco (60g) do túnel de congelação contínuo (A). Medição da temperatura interna do produto com o termómetro (*testo* 826-T4) (B).

3.1.5. Hambúrguer de frango (80g)

Outro dos produtos escolhidos foi o hambúrguer de frango (80g), o qual foi previamente cozido a cerca de 72 °C durante 4 a 5 minutos (Figura 17A), passando depois por uma congelação prévia num túnel de congelação com tapete em espiral durante 45 minutos, aproximadamente (Figura 17B, C). Para se ficarem a conhecer as temperaturas dos hambúrgueres depois do processo de cozedura e antes do processo de ultracongelação mediram-se aleatoriamente as temperaturas internas a 5 hambúrgueres antes de entrarem no túnel de congelação nos dias em que se realizaram os estudos de determinação do tempo de ultracongelação. Após a passagem no túnel em espiral, procedeu-se à medição da temperatura interna do produto com o termómetro *testo* 826-T4 (Figura 17D).



Figura 17 – Hambúrgueres de frango (80g) após o término do processo de cozedura (A). Entrada dos hambúrgueres de frango (80g) no túnel de congelação com tapete em espiral (B). Saída dos hambúrgueres de frango (80g) do túnel de congelação com tapete em espiral (C). Medição da temperatura interna do hambúrguer de frango (80g) com o termómetro (*testo* 826-T4) após um processo prévio de congelação no túnel de congelação com tapete em espiral (D).

Contudo, esta etapa não foi suficiente para os hambúrgueres de frango (80g) atingirem as temperaturas de ultracongelação, como irá ser discutido posteriormente. Deste modo, foi necessário arranjar uma solução, optando-se por colocar os hambúrgueres a completar a ultracongelação no túnel de congelação em *batch* após embalamento e término da paleta. O embalamento normal consiste em envolver o hambúrguer num pequeno saco plástico, seguidamente numa pequena caixa de cartão com capacidade para 4 hambúrgueres de 80g (320g) e, por fim, numa caixa de cartão maior com capacidade para 16 caixas de 320g. Contudo, para a determinação do tempo de ultracongelação, a sonda do *Data Logger* (*testo*, 175T2) foi colocada num hambúrguer de frango (Figura 18A) numa das caixas de 16 x 320g da paleta (Figura 18B), mas fora das caixas de 320g para facilitar posteriormente ao nível do processo de expedição. A paleta completa contém 72 caixas de 16 x 320g (Figura 18B). De seguida, envolveu-se a paleta em plástico, sendo depois transportada para o túnel de congelação em *batch* (Figura 18C) até atingir as temperaturas de ultracongelação. É de salientar que o nível de utilização da capacidade do túnel de congelação em *batch* não foi

constante em todos os ensaios realizados, apresentando-se por vezes cheio, vazio ou com meia carga.



Figura 18 – Colocação da sonda do *Data Logger* (*testo*, 175T2) num hambúrguer de frango (80g) posteriormente embalado em caixa (A). Paleta com 72 caixas (16 x 320g) de hambúrgueres de frango (80g) e identificação da caixa com o produto em estudo (B). Paleta de hambúrgueres de frango (80g) no túnel de congelação em *batch* (C).

3.2. Resultados e discussão

Nesta secção encontram-se apresentados apenas alguns dos tempos de ultracongelação obtidos para os produtos referidos. Os outros resultados encontram-se no Anexo I.

3.2.1. *Trimming*s de novilho

Os *trimming*s de novilho foram um dos tipos de produtos escolhidos para se determinar o tempo de ultracongelação na antecâmara do túnel de congelação em *batch*. Como foi referido anteriormente, este estudo foi realizado 5 vezes durante os dias úteis e 5 vezes durante o fim de semana. No entanto, nesta secção encontram-se só 2 conjuntos de resultados obtidos, ou seja, um que compara os tempos de ultracongelação de 2 amostras durante dias úteis, estando num dos casos a antecâmara do túnel de congelação em *batch* vazia e noutro cheia. O outro conjunto de resultados compara os tempos de ultracongelação de 2 amostras, uma ao fim de semana e outra em dias úteis, encontrando-se a antecâmara túnel de congelação em *batch* cheia em ambos os casos. Os restantes resultados encontram-se organizados no Anexo I (Tabela A1 e Figuras A1 a A4).

Nas figuras desta secção, os valores das temperaturas dos produtos são apresentados de hora em hora para facilitar a visualização dos resultados. No entanto, como já foi referido na secção dos Materiais e métodos, os registos foram feitos de 5 em 5 minutos.

- **Estudo I: efeitos do nível de capacidade da antecâmara do túnel de congelação em *batch* (cheia, meia carga ou vazia) no tempo de ultracongelação de *trimming*s de novilho**

Na Tabela 1 encontram-se os registos das temperaturas internas das duas amostras de *trimming*s de novilho em estudo no momento da entrada na antecâmara do túnel de congelação em *batch*, assim como as temperaturas médias do ar na antecâmara do túnel durante o processo de ultracongelação dos produtos. Também se observa na Tabela 1 o peso, em quilogramas, da grade com os *trimming*s em estudo. Relativamente ao estado da antecâmara do túnel em *batch*, este é variável (cheio, meia carga ou vazio) consoante o número de encomendas de produtos alimentares ultracongelados. Assim, durante a realização deste estudo, o nível de utilização da capacidade da antecâmara do túnel não foi constante (Tabela 1), tendo sido avaliados os efeitos destas diferenças ao nível do tempo de

ultracongelamento das amostras em estudo (Figura 19). Ambas as amostras foram ultracongeladas em dias úteis.

Tabela 1 – Indicação do peso da grade com os *trimmings* em estudo (Kg), indicação das temperaturas (°C) das amostras de *trimmings* de novilho em estudo no momento de entrada na antecâmara no túnel de congelamento em *batch*, temperatura média (°C) da antecâmara do túnel durante o período de ultracongelamento dos produtos, indicação do estado da antecâmara do túnel (cheio, meia carga, vazio) e momento da realização.

Amostras	Peso dos <i>trimmings</i> ($\pm 0,005$ Kg)	Temperatura (°C) do produto à entrada da antecâmara ($\pm 0,5$ °C)	Temperatura média (°C) da antecâmara	Estado da antecâmara	Data
1 – cheia	18,530	5,7	-22,45 \pm 4,49	Cheia	Dias úteis
2 - vazia	19,225	8,1	-24,12 \pm 1,77	Vazia	Dias úteis

Através da análise do gráfico da Figura 19 (apresentada de seguida), verificou-se que a amostra 1 sofreu um processo de ultracongelamento bastante mais lento que a amostra 2. Isto é, o tempo de ultracongelamento na antecâmara do túnel de congelamento em *batch* no primeiro caso foi de 40,92 horas, ou seja, 40 horas e 55 minutos aproximadamente, e no segundo foi de 14,75 horas, ou seja, 14 horas e 45 minutos. Esta diferença nos resultados entre amostras pode justificar-se pelo facto de a antecâmara do túnel de congelamento em *batch* ter estado muito cheia durante o estudo com a amostra 1 e vazia durante o estudo com a amostra 2. Assim, quando a antecâmara do túnel está cheia existe mais energia para ser retirada, pelo que o tempo necessário para ocorrer a ultracongelamento dos produtos é maior. Para além disto, devido ao facto de a paleta do produto em estudo ter outras paletes ao lado, a área para a transferência de calor é menor do que no caso de não haver qualquer paleta encostada. É de salientar ainda o facto de que a temperatura inicial da amostra 1, antes de entrar no túnel de congelamento em *batch*, era inferior (5,7 \pm 0,5 °C) à da amostra 2 (8,1 \pm 0,5 °C). No entanto, este fator não foi impeditivo para esta amostra ultracongelar mais rapidamente.

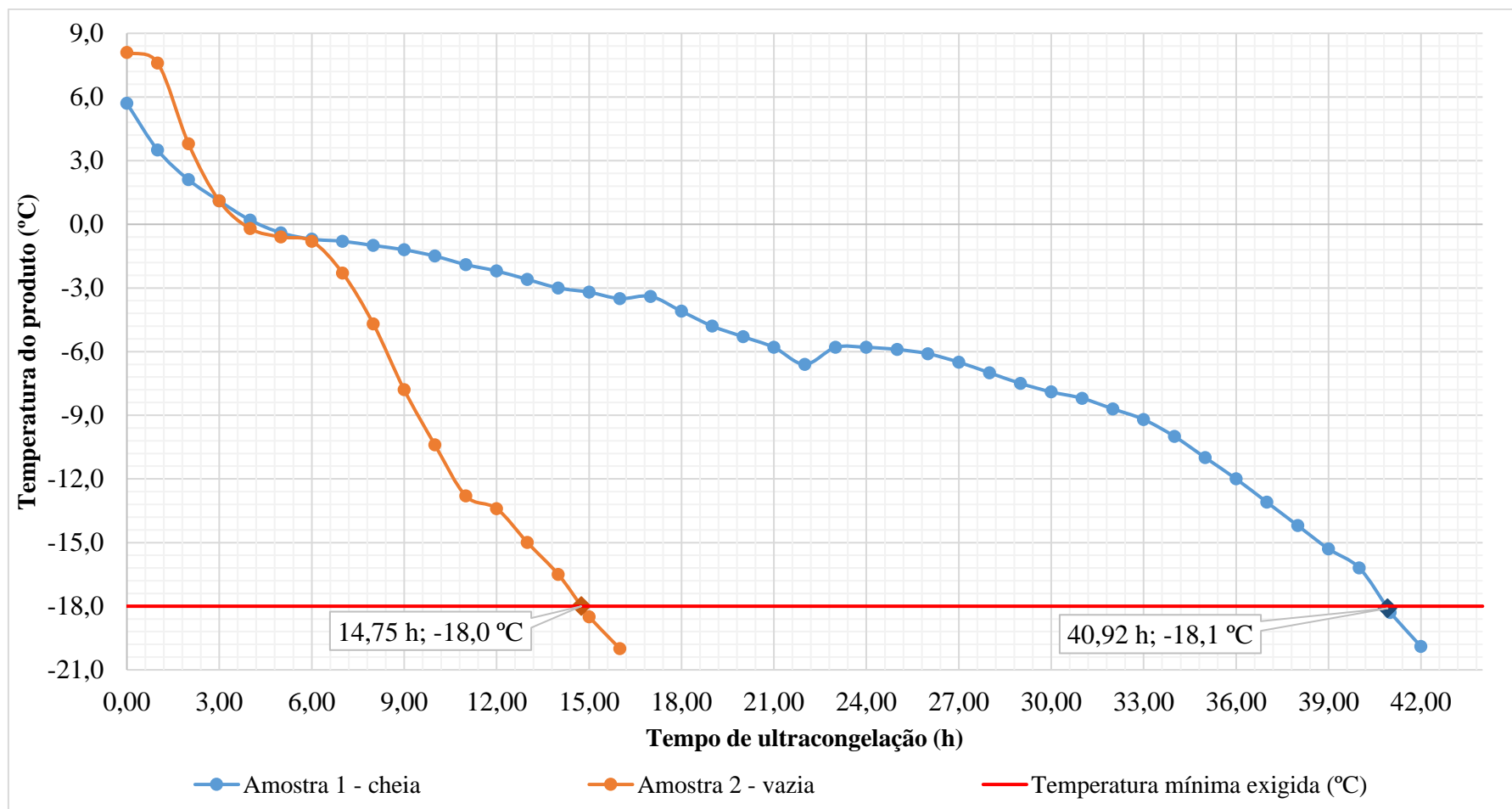


Figura 19 – Variação das temperaturas internas das amostras 1 e 2 de *trimmings* de novilho durante o processo de ultracongelamento na antecâmara do túnel de congelamento em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha), isto é, -18,0 °C (33). Os losangos azul e laranja correspondem ao momento em que as amostras atingiram temperaturas iguais ou inferiores a -18,0 °C. A ultracongelação ocorreu em dias úteis.

- **Estudo II: efeitos do momento da ultracongelação (dias úteis vs. fim de semana) no tempo de ultracongelação dos *trimmings* de novilho**

Para além do tipo de estudo referido no ponto anterior, foi realizado outro no qual o objetivo foi comparar o tempo de ultracongelação dos *trimmings* de novilho durante os dias úteis e durante o fim de semana. Isto porque durante os dias úteis a porta de entrada para a antecâmara do túnel de congelação em *batch* é aberta inúmeras vezes durante o dia, o que poderá influenciar o processo de ultracongelação. Já ao fim de semana, como as portas estão sempre fechadas, seria de esperar que o tempo de ultracongelação fosse mais curto. Nesta secção serão apresentados apenas 2 exemplos (um ao fim de semana e um em dias úteis) de *trimmings* de novilho para os quais se fez a comparação entre os tempos de ultracongelação. Em ambos os estudos, a antecâmara do túnel de congelação em *batch* estava cheia. Os restantes resultados encontram-se no Anexo I.

Na Tabela 2 encontram-se os pesos das grades com os produtos em estudo, em quilogramas, os registos das temperaturas internas das duas amostras de *trimmings* de novilho em estudo (amostras 1 e 6) no momento da entrada no túnel em *batch*, assim como as temperaturas médias do ar da antecâmara do túnel durante o processo de ultracongelação dos produtos. Também está indicado o estado da antecâmara e a data/momento de realização do estudo. Na Figura 20, encontram-se representadas as variações de temperatura destas 2 amostras até atingirem as temperaturas de ultracongelação.

Tabela 2 – Indicação do peso da grade com os *trimmings* em estudo (Kg), indicação das temperaturas (°C) das amostras de *trimmings* de novilho em estudo no momento de entrada na antecâmara no túnel de congelação em *batch*, temperatura média (°C) da antecâmara do túnel durante o período de ultracongelação dos produtos, indicação do estado da antecâmara do túnel (cheio, meia carga, vazio) e do momento de realização.

Amostras	Peso dos <i>trimmings</i> ($\pm 0,005$ Kg)	Temperatura (°C) do produto à entrada da antecâmara ($\pm 0,5$ °C)	Temperatura média (°C) da antecâmara	Estado da antecâmara	Data
1 – dias úteis	18,530	5,7	-22,45 \pm 4,49	Cheia	Dias úteis
6 – fim de semana	18,110	8,6	-24,68 \pm 3,73	Cheia	Fim de semana

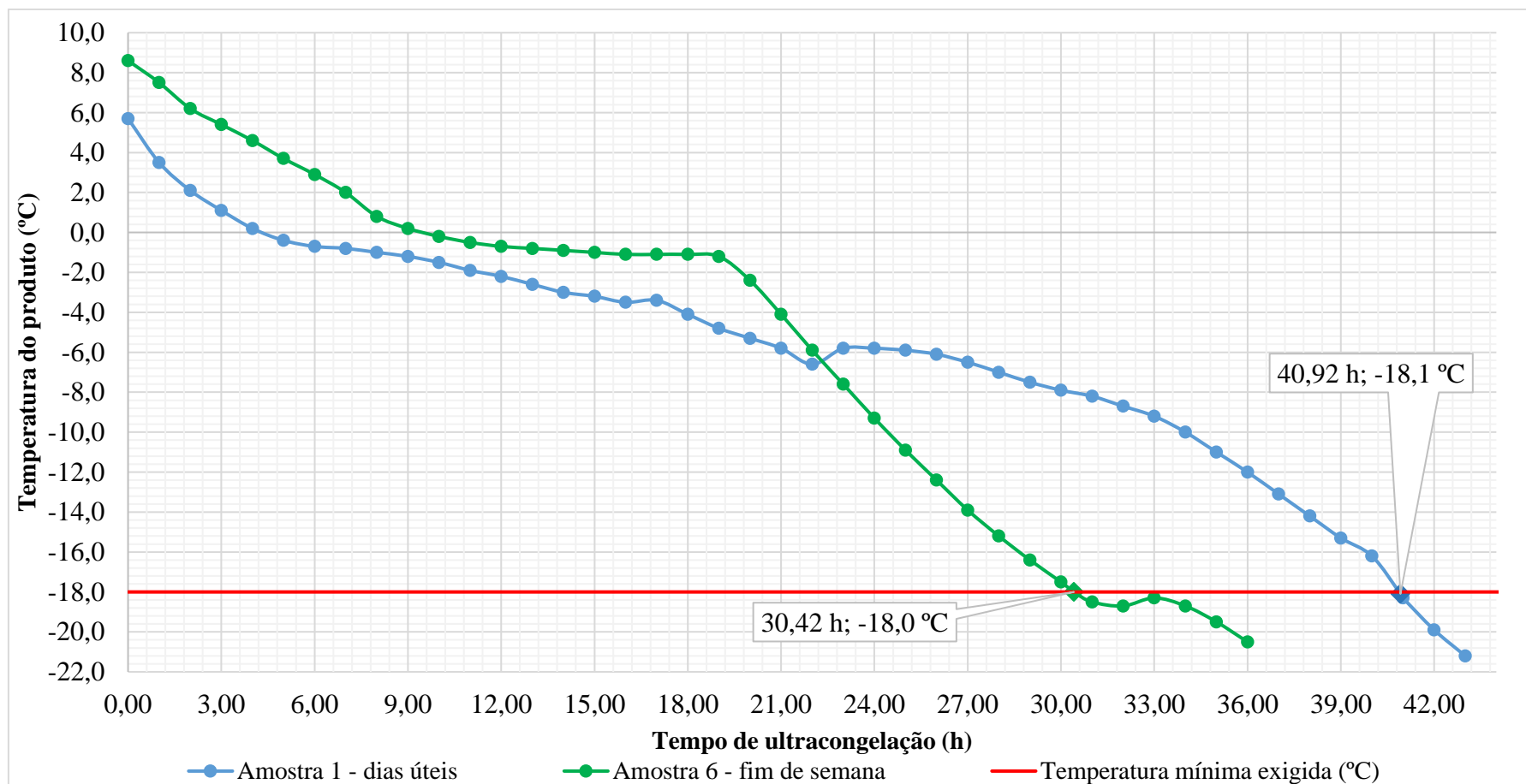


Figura 20 – Variação das temperaturas internas das amostras 1 e 6 de *trimmings* de novilho durante o processo de ultracongelção na antecâmara do túnel de congelação em *batch*, realizado durante os dias úteis e ao fim de semana, respetivamente. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha), isto é, -18,0 °C (33). O losango azul corresponde ao momento em que a amostra 1 (ultracongelada em dias úteis) atingiu as temperaturas de ultracongelção. O losango verde corresponde ao momento em que a amostra 6 (ultracongelada ao fim de semana) atingiu as temperaturas de ultracongelção.

Como se pode constatar através da análise do gráfico da Figura 20, verificaram-se diferenças nos tempos de ultracongelamento dos *trimmings* de novilho que foram ultracongelados em dias úteis (amostra 1) e ao fim de semana (amostra 6). É de salientar que em ambos os casos, a antecâmara do túnel de congelamento em *batch* estava cheia. Através do gráfico da Figura 20 é possível observar que a amostra 1 demorou aproximadamente 40,92 horas, ou seja, 40 horas e 55 minutos, a atingir as temperaturas de ultracongelamento. Já a amostra 6 demorou aproximadamente 30,42 horas, ou seja, 30 horas e 25 minutos a atingir essas temperaturas. Assim, o tempo de ultracongelamento da amostra 1 foi superior ao da amostra 6, sendo possível concluir que o processo de ultracongelamento ocorreu mais rapidamente quando foi realizado ao fim de semana. Isto pode justificar-se pelo simples facto de a porta da antecâmara permanecer fechada durante todo o fim de semana e, assim, a temperatura dos produtos da antecâmara não é afetada pela temperatura exterior. Já durante os dias úteis, a porta da antecâmara é aberta várias vezes, devido às inúmeras cargas e descargas de paletes da antecâmara do túnel e do próprio túnel, pelo que a temperatura dos produtos da antecâmara pode ser afetada pela temperatura exterior, o que torna o processo de ultracongelamento mais demorado.

Assim, através da análise de todos os resultados de ambos os estudos, incluindo os do Anexo I, foi possível concluir que o estado da antecâmara do túnel de congelamento em *batch* (cheio, meia carga ou vazio) e que o momento (dias úteis ou fim de semana) do processo de ultracongelamento afetaram os tempos de ultracongelamento dos *trimmings* de novilho. Deste modo, é possível concluir que durante os dias úteis os tempos de ultracongelamento encontraram-se entre 14,75 horas, ou seja, 14 horas e 45 minutos, (antecâmara vazia) e 40,92 horas, ou seja, 40 horas e 55 minutos (antecâmara cheia) (Figura 19). Os resultados apresentados no gráfico da Figura A1 do Anexo I encontram-se dentro deste intervalo. Já durante o fim de semana, os tempos de ultracongelamento encontraram-se entre 12,75 horas, ou seja, 12 horas e 45 minutos, (antecâmara vazia) e 30,42 horas, ou seja, 30 horas e 25 minutos (antecâmara cheia) (Figura A2 do Anexo I e Figura 20). Por conseguinte, foi possível concluir também que encontrando-se a antecâmara do túnel de congelamento em *batch* com o mesmo nível de utilização da capacidade (cheio, vazio ou com meia carga), o processo de ultracongelamento ocorreu mais rapidamente ao fim de semana do que durante os dias úteis.

3.2.2. Perna coxa de frango

A perna coxa de frango foi outro dos produtos escolhidos para se determinar o tempo de ultracongelamento. Como foi referido anteriormente, o estudo foi realizado 5 vezes. Todavia, nesta secção encontram-se só 2 exemplos, que correspondem aos cenários de ultracongelamento mais demorado e mais rápido. Os restantes resultados encontram-se organizados no Anexo I (Tabela A2 e Figura A5). Nos gráficos das figuras desta secção, os valores das temperaturas dos produtos são apresentados de hora em hora para facilitar a visualização dos resultados, contudo, como já foi referido na secção dos Materiais e métodos, os registos foram feitos de 5 em 5 minutos.

Na Tabela 3 encontram-se os pesos das duas amostras, em quilogramas, registos das temperaturas internas das duas amostras de perna coxa de frango em estudo no momento da entrada no túnel de congelação em *batch*, assim como as temperaturas médias do ar do túnel durante o processo de ultracongelamento dos produtos. Relativamente ao estado do túnel em *batch*, este é variável (cheio, meia carga ou vazio) consoante o número de encomendas de produtos alimentares ultracongelados. Assim, durante a realização deste estudo, o nível de utilização da capacidade do túnel não foi constante (Tabela 3), tendo sido avaliados os efeitos destas diferenças ao nível do tempo de ultracongelamento das amostras em estudo (Figura 21). Na Tabela 3 está também indicado o momento da realização do estudo.

Tabela 3 – Indicação dos pesos das duas amostras (Kg), das temperaturas (°C) das amostras de perna coxa de frango em estudo no momento de entrada no túnel de congelação em *batch*, da temperatura média (°C) do túnel durante o período de ultracongelamento dos produtos, do estado do túnel (cheio/vazio) e do momento da realização.

Amostras	Peso das amostras ($\pm 0,005$ Kg)	Temperatura (°C) do produto à entrada no túnel ($\pm 0,5$ °C)	Temperatura média (°C) do túnel	Estado do túnel	Data
1 - cheio	0,320	5,4	-26,72 \pm 2,68	Cheio	Fim de semana
2 - vazio	0,300	4,3	-26,76 \pm 1,93	Vazio	Fim de semana

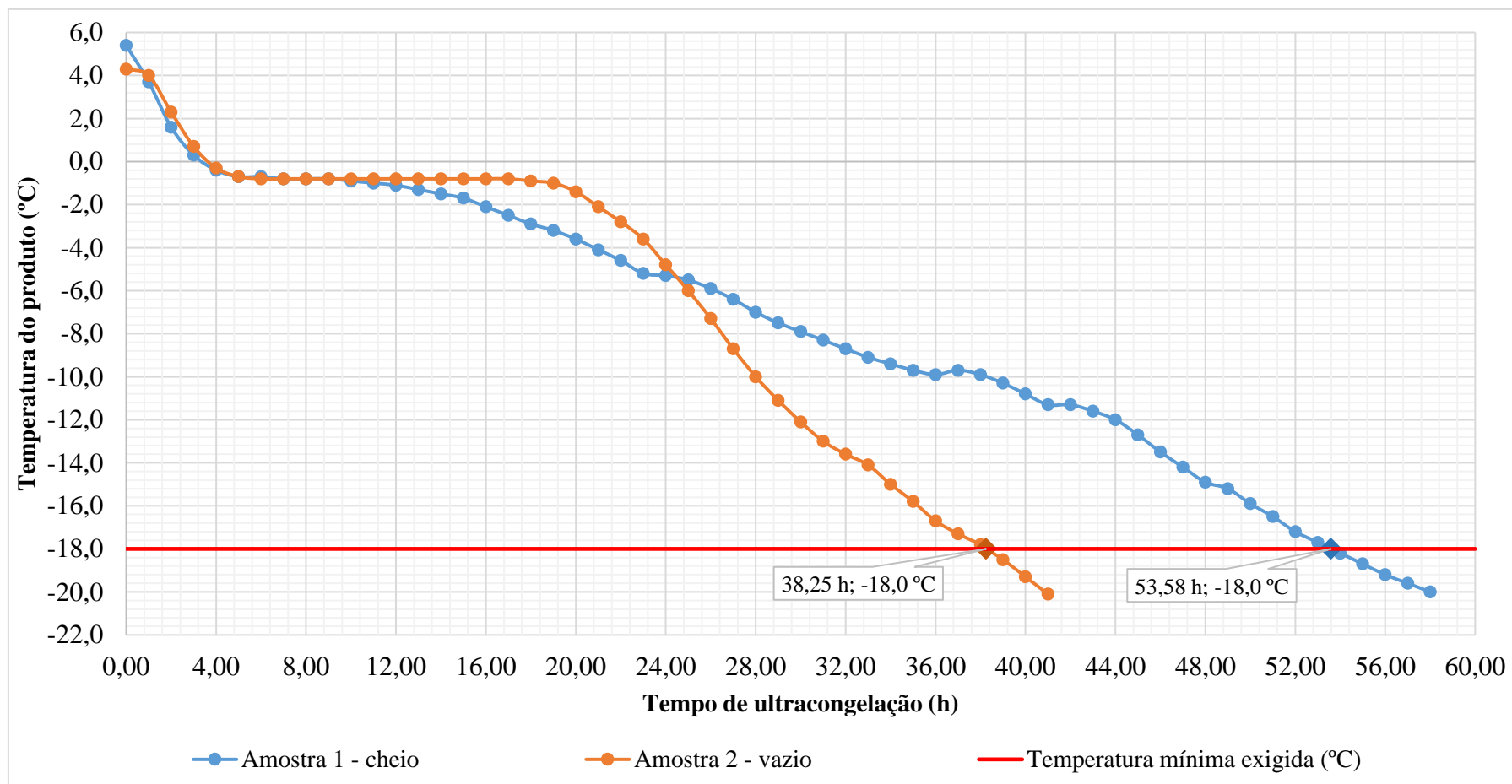


Figura 21 – Variação das temperaturas internas das amostras 1 e 2 de perna coxa de frango embaladas em caixa de cartão durante o processo de ultracongelção no túnel de congelção em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha), isto é, -18,0 °C (33). Os losangos azul e laranja correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C.

Através da análise do gráfico da Figura 21, verificou-se que a amostra 1 sofreu um processo de ultracongelamento mais lento que a amostra 2. Isto é, o tempo de ultracongelamento no túnel de congelamento em *batch* no primeiro caso foi de 53,58 horas, ou seja, 53 horas e 35 minutos aproximadamente, e no segundo foi de 38,25 horas, ou seja, 38 horas e 15 minutos.

Esta diferença nos resultados entre amostras pode justificar-se pelo facto de o túnel de congelamento em *batch* estar cheio durante o estudo com a amostra 1 e vazio durante o estudo com a amostra 2. Assim, quando o túnel está cheio existe mais energia para ser retirada, pelo que o tempo necessário para ocorrer a ultracongelamento dos produtos é maior. Para além disto, o facto de a paleta do produto em estudo ter outras paletes ao lado, a área para a transferência de calor é menor do que no caso de não haver qualquer paleta encostada.

É de salientar ainda o facto de que a temperatura inicial da amostra 1, antes de entrar no túnel de congelamento em *batch*, é superior ($5,4 \pm 0,5$ °C) à da amostra 2 ($4,3 \pm 0,5$ °C). No entanto, este fator não tem influência no tempo de ultracongelamento, uma vez que a diferença das temperaturas é mínima.

Para além deste tipo de estudo, foi realizado outro no qual o objetivo foi comparar o tempo de ultracongelamento das pernas coxas de frango durante os dias úteis e durante o fim de semana. Isto porque durante os dias úteis a porta de entrada para a antecâmara do túnel de congelamento em *batch* é aberta inúmeras vezes durante o dia, o que se pensava que iria retardar o processo de ultracongelamento. Já ao fim de semana, como as portas estão sempre fechadas, era de esperar que o tempo de ultracongelamento fosse mais curto. Na Tabela 4 encontram-se os registos das temperaturas internas das duas amostras de perna coxa de frango em estudo (amostra 1 – fim de semana e amostra 3 – dias úteis) no momento da entrada no túnel em *batch*, assim como as temperaturas médias do ar do túnel durante o processo de ultracongelamento dos produtos. Na Figura 22, encontram-se representadas as variações de temperatura destas 2 amostras até atingirem a temperatura mínima de ultracongelamento exigida, isto é, -18 °C (33).

Tabela 4 – Temperaturas (°C) das amostras de perna coxa de frango em estudo no momento de entrada no túnel de congelação em *batch*, temperatura média (°C) do túnel durante o período de ultracongelação dos produtos e indicação do estado do túnel (cheio, meia carga, vazio).

Amostras	Temperatura (°C) do produto à entrada no túnel ($\pm 0,5$ °C)	Temperatura média (°C) do túnel	Estado do túnel
1 – fim de semana	5,4	-26,72 \pm 2,68	Cheio
3 – dias úteis	4,6	-27,93 \pm 2,12	Cheio

Através da análise do gráfico da Figura 22 (seguidamente apresentada), e estando o túnel de congelação em *batch* em condições similares (cheio) nos 2 casos, verificou-se que as amostras 1 (fim de semana) e 3 (dias úteis) apresentaram tempos de ultracongelação semelhantes, ou seja, 53,58 horas e 52,92 horas, respetivamente. Apesar de durante o processo de ultracongelação das 2 amostras terem ocorrido variações de temperatura diferentes entre elas, ambas atingiram os -18,0 \pm 0,5 °C praticamente ao mesmo tempo (Figura 22). Assim, o facto de o processo de ultracongelação ocorrer durante os dias úteis ou durante o fim de semana no túnel de congelação em *batch*, encontrando-se o túnel e os produtos em condições similares, não causa grandes diferenças nos tempos de ultracongelação dos produtos.

Deste modo, concluiu-se que o principal fator responsável pela diferença de resultados no que respeita aos tempos de ultracongelação do mesmo tipo de produto, colocado em condições semelhantes, foi a utilização do nível de capacidade (cheio, meia carga ou vazio) do túnel de congelação em *batch*. A temperatura do ar do túnel foi semelhante em todos os estudos.

Assim, através da análise de todos estes resultados, incluindo os do Anexo I, foi possível concluir que as pernas coxas de frango necessitaram de cerca de 38 horas e 15 minutos (38,25 horas) para atingir os -18,0 °C quando o túnel de congelação em *batch* estava vazio (Figura 21). Já quando apresentou meia carga estes produtos necessitaram entre 43 horas e 35 minutos (43,58 horas) e 43 horas e 50 minutos (43,83 horas) (Figura A5 do Anexo I). Quando estava cheio, as pernas coxas de frango necessitaram entre 52 horas e 55 minutos (52,92 horas) e 53 horas e 35 minutos (53,58 horas) (Figura A5 do Anexo I e Figura 21, respetivamente).

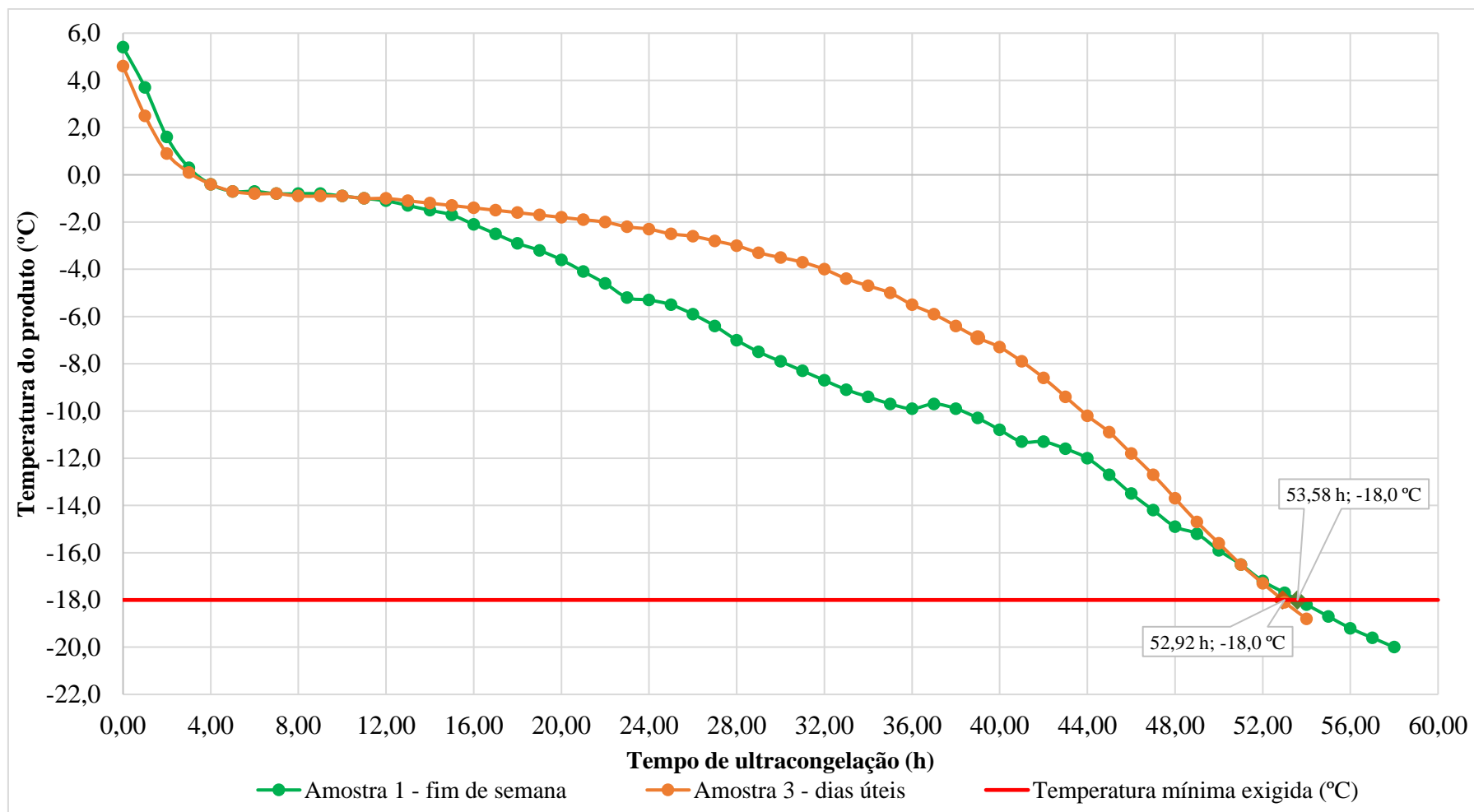


Figura 22 – Variação das temperaturas internas das amostras 1 - fim de semana e 3 - dias úteis de perna coxa de frango embaladas em caixa de cartão durante o processo de ultracongelamento no túnel de congelamento em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha), isto é, -18,0 °C (33). Os losangos verde e laranja correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C.

3.2.3. Bifes de frango

Como já foi referido anteriormente, efetuaram-se 6 vezes cada tipo de estudo (embalado em caixa de cartão, ou seja, estudo I, e colocado em grade, ou seja, estudo II). Todos estes estudos foram realizados em dias úteis diferentes dentro de cada tipo de estudo, sendo determinado o tempo de ultracongelação de uma amostra por dia. No entanto, nesta secção encontram-se só 2 exemplos, que correspondem aos cenários mais demorado e mais rápido de ultracongelação, para cada tipo de estudo, encontrando-se os outros resultados sistematizados no Anexo I (Tabelas A3 a A6 e Figuras A6 e A7 para o Estudo I e Tabelas A7 a A9 e Figura A8 para o Estudo II).

- **Estudo I: determinação do tempo de ultracongelação de bifes de frango embalados em caixa**

Na Tabela 5 estão representadas as temperaturas médias iniciais (°C), ou seja, antes de passarem pelo túnel de congelação contínuo, de 6 bifes de frango por cada dia de estudo. Em cada dia de estudo determinou-se o tempo de ultracongelação de uma amostra. Isto é, no dia 1 determinou-se o tempo de ultracongelação da amostra 1, no dia 2 da amostra 2 e assim sucessivamente até ao dia 6. Devido ao facto de o processo mecânico do túnel de congelação ser contínuo, não foi possível a realização de um estudo em que se medisse inicialmente a temperatura de um bife à entrada e a temperatura desse mesmo bife à saída do túnel, porque, mesmo marcando o produto, torna-se difícil identificá-lo à saída do túnel de congelação contínuo, devido à elevada quantidade de bifes que saem do mesmo. Assim, antes dos bifes de frango entrarem neste túnel contínuo, procedeu-se à medição da temperatura interna de 6 bifes de modo aleatório e calculou-se a média das temperaturas. Após a passagem dos bifes pelo túnel seleccionou-se um único bife, também de modo aleatório, e procedeu-se à determinação do tempo de ultracongelação com recurso ao *Data Logger*, como já foi explicado. Este processo repetiu-se para os 6 bifes de frango em estudo. As temperaturas médias iniciais dos bifes congelados no dia 1 e no dia 2 encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 – Temperaturas médias internas de bifes de frango antes de entrarem no túnel contínuo.

	Temperatura média interna inicial (°C)
Dia 1	5,57±0,39
Dia 2	5,70±0,36

Na Tabela 6 estão representados o tempo, em minutos, da primeira fase de congelação de duas amostras no túnel de congelação contínuo, assim como a temperatura do ar deste túnel (°C) durante a passagem dos bifes. Também está indicado o peso, em quilogramas, das duas amostras de bifes de frango.

Tabela 6 – Indicação do peso das duas amostras de bifes de frango em estudo (Kg), do tempo de permanência (min) das mesmas no túnel de congelação contínuo e da temperatura do ar do túnel (°C) durante a passagem dos produtos.

Amostras	Peso das amostras (±0,005 Kg)	Tempo de permanência (min) do produto no túnel contínuo	Temperatura do ar do túnel contínuo (±1,00 °C)
1	0,145	4,17	-30,10
2	0,135	4,42	-32,00

Já na Tabela 7 encontram-se representadas as temperaturas internas dos dois bifes de frango após passarem no túnel de congelação contínuo (medição realizada com o termómetro *testo* 826-T4). Além disto, estão representados o tempo de permanência das amostras de bifes de frango na sala de embalagem (logo após saírem do túnel contínuo) e a temperatura dessa sala durante o embalagem dos bifes.

Tabela 7 – Dados relativos à temperatura das amostras após a primeira fase de congelação, ao tempo de permanência dos produtos à temperatura ambiente durante o processo de embalagem e à temperatura da sala durante esse processo de embalagem.

Amostras	Temperatura do produto (°C) após sair do túnel contínuo (±0,5 °C)	Tempo de permanência (min) do produto na sala de embalagem	Temperatura da sala (°C) durante o embalamento das amostras
1	-5,1	5	15,80±1,00
2	-3,1	25	16,50±0,00 ^(a)

(a) Valor médio de temperatura e o respetivo desvio-padrão.

Como se pode constatar, as temperaturas internas das amostras 1 e 2 depois deste processo inicial de congelação foram -5,1±0,5 °C e -3,1±0,5 °C, respetivamente. Deste modo, e como a alternativa de aumentar o tempo do processo de congelação no túnel

contínuo para o máximo (≈ 10 minutos) também não foi suficiente para o produto atingir os $-18,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ver Tabela 20 do ponto 3.3.), foi necessária a aplicação de um processo de ultracongelação complementar. Este processo correspondeu a uma ultracongelação num túnel de congelação em *batch*, após o embalamento dos bifes em caixa, de modo a serem atingidas as temperaturas de ultracongelação ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou inferiores (33)).

Por conseguinte, foram registadas as temperaturas internas das amostras 1 e 2 de bifes de frango no momento da entrada no túnel em *batch*, assim como as temperaturas médias do ar do túnel durante o processo de ultracongelação dos produtos (Tabela 8). Relativamente ao estado do túnel em *batch*, este é variável (cheio, meia carga ou vazio) consoante o número de encomendas de produtos alimentares ultracongelados. Assim, durante a realização dos estudos, o nível de utilização da capacidade do túnel não foi constante (Tabela 8), tendo sido avaliados os efeitos destas diferenças ao nível do tempo de ultracongelação das amostras em estudo (Figura 23). No gráfico da Figura 23, os valores das temperaturas dos produtos são apresentados de 30 em 30 minutos, no entanto, como já foi referido na secção dos Materiais e métodos, os registos foram feitos de 5 em 5 minutos.

Tabela 8 – Temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) dos bifes de frango em estudo no momento de entrada no túnel de congelação em *batch*, temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) do túnel de congelação em *batch* durante o período de ultracongelação dos produtos e indicação do estado do túnel de congelação em *batch* (cheio, meia carga, vazio).

Amostras	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) do produto à entrada do túnel ($\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$)	Temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) do túnel	Estado do túnel
1 - cheio	-5,4	$-23,29 \pm 3,73$	Cheio
2 - vazio	-2,0	$-26,47 \pm 2,56$	Vazio

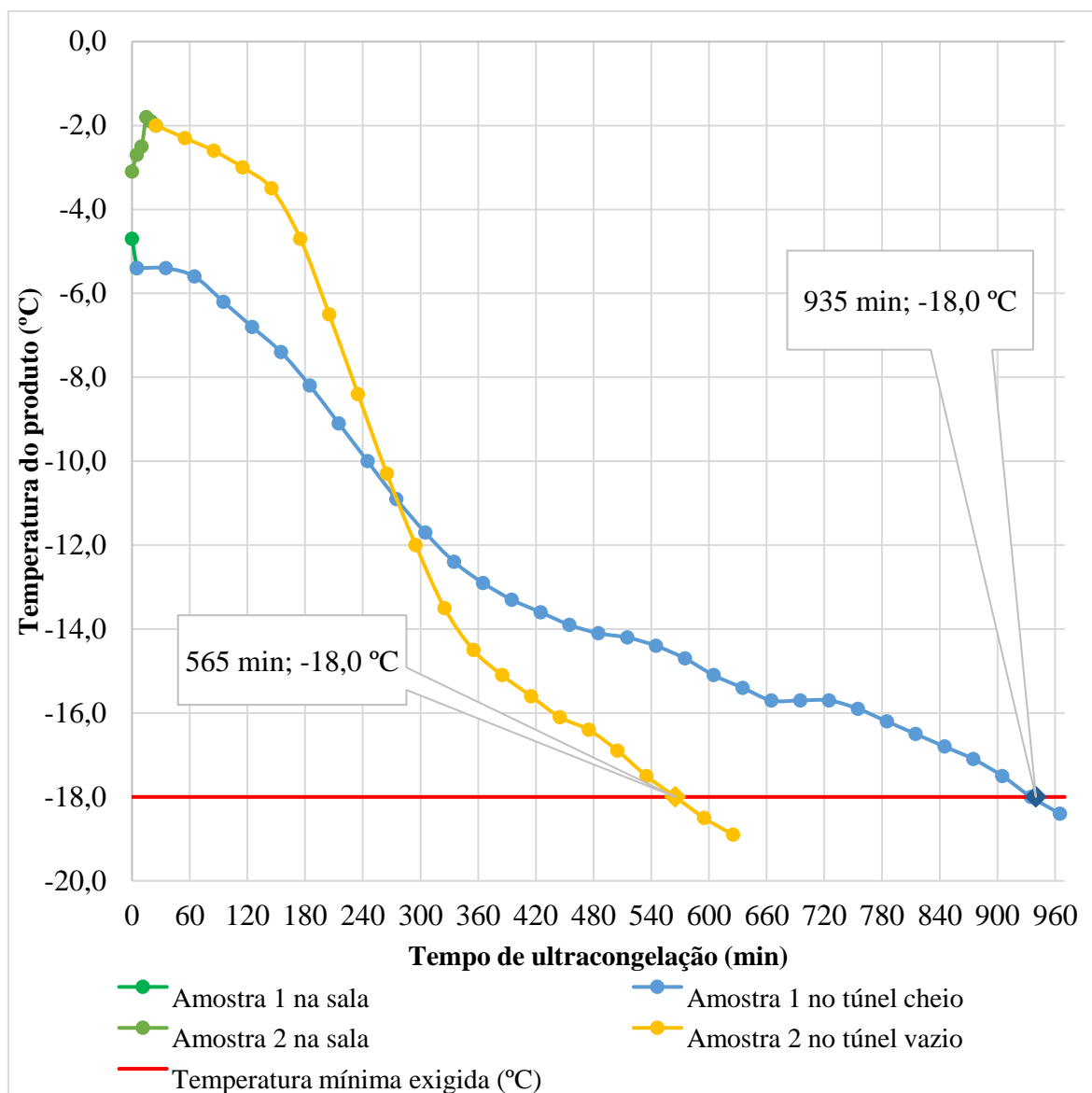


Figura 23 – Variação das temperaturas internas das amostras 1 e 2 de bifes de frango embalados em caixa de cartão na sala de embalagem e durante o processo de ultracongelamento no túnel de congelamento em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). Os losangos azul e laranja correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C, isto é, a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).

De acordo com o gráfico da Figura 23, verificou-se que o tempo necessário para a amostra 1 atingir os -18,0 °C no túnel de congelamento em *batch* foi bastante superior ao da amostra 2. Isto é, no caso da amostra 1, o tempo de ultracongelamento no túnel em *batch* foi de 930 minutos, que equivale à diferença entre os 935 minutos totais e os 5 minutos que o produto esteve na sala de embalagem. Já a amostra 2 demorou 540 minutos a ultracongelar, tempo este que corresponde à diferença entre os 565 minutos totais e os 25 minutos que o

produto esteve na sala de embalagem. Assim, os tempos de ultracongelação das amostras 1 e 2 foram de 15 horas e 30 minutos e de 9 horas, respetivamente. Esta diferença nos resultados entre amostras pode justificar-se pelo facto de o túnel de congelação em *batch* estar cheio durante o estudo com a amostra 1 e vazio durante o estudo com a amostra 2. Assim, quando o túnel está cheio existe mais energia para ser retirada, pelo que o tempo necessário para ocorrer a ultracongelação dos produtos é maior. Para além disto, o facto de a paleta do produto em estudo ter outras paletes ao lado, a área para a transferência de calor é menor do que no caso de não haver qualquer paleta encostada.

Pode também constatar-se o facto de que a amostra 2, depois de sair do túnel de congelação contínuo, esteve mais tempo (25 minutos) na sala de embalagem do que a amostra 1 (5 minutos) antes de entrar no túnel de congelação em *batch* (Tabela 7). Contudo, esta situação não parece ser problemática, visto que apesar da amostra 2 estar mais tempo na sala de embalagem à temperatura ambiente do que a amostra 1 e apesar de apresentar uma temperatura superior ($-2,0 \pm 0,5$ °C) à amostra 1 ($-5,4 \pm 0,5$ °C) no momento de entrada no túnel, tal não teve grande influência no tempo de ultracongelação. Isto deve-se ao facto de a amostra 1 ter demorado mais tempo para atingir a ultracongelação. Deste modo, concluiu-se que o principal fator responsável pela diferença de resultados no que respeita aos tempos de ultracongelação do mesmo tipo de produto, colocado em condições semelhantes, foi o nível de utilização da capacidade (cheio, meia carga ou vazio) do túnel de congelação em *batch*.

Assim, através da análise de todos estes resultados, incluindo os do Anexo I, foi possível concluir que os bifes de frango embalados em caixa de cartão necessitaram entre 9 horas (540 minutos) e 10 horas e 5 minutos (605 minutos) para atingir os $-18,0$ °C quando o túnel de congelação em *batch* estava vazio (amostra 2 da Figura 23 e amostra 3 da Figura A6 do Anexo I, respetivamente). O tempo de ultracongelação da amostra 4 (Figura A6 do Anexo I) encontra-se dentro deste intervalo (9 horas e 30 minutos, ou seja, 570 minutos). Já quando apresentou meia carga os estes produtos necessitaram entre 12 horas e 55 minutos (775 min) e 13 horas e 5 minutos (785 minutos) (amostra 6 e amostra 5, respetivamente, ambas da Figura A7 do Anexo I). Quando estava cheio, como foi o caso da amostra 1 (Figura 23), os bifes de frango necessitaram de cerca de 15 horas e 30 minutos (930 minutos).

- **Estudo II: determinação do tempo de ultracongelação de bifes de frango colocados em grades**

Na Tabela 9 estão representadas as temperaturas médias iniciais (°C), ou seja, antes de passarem pelo túnel de congelação contínuo, de 6 bifes de frango por cada dia de estudo. Em cada dia de estudo determinou-se o tempo de ultracongelação de uma amostra. Isto é, no dia 1 determinou-se o tempo de ultracongelação da amostra 1, no dia 2 da amostra 2 e assim sucessivamente até ao dia 6. Devido ao facto de o processo mecânico do túnel de congelação ser contínuo, não foi possível a realização de um estudo em que se medisse inicialmente a temperatura de um bife à entrada e a temperatura desse mesmo bife à saída do túnel, porque, mesmo marcando o produto, torna-se difícil identificá-lo à saída do túnel de congelação contínuo, devido à elevada quantidade de bifes que saem do mesmo. Assim, antes dos bifes de frango entrarem neste túnel de congelação contínuo, procedeu-se à medição da temperatura interna de 6 bifes de modo aleatório e calculou-se a média das temperaturas. Após a passagem dos bifes pelo túnel seleccionou-se um único bife, também de modo aleatório, e procedeu-se à determinação do tempo de ultracongelação com recurso ao *Data Logger*, como já foi explicado. Este processo repetiu-se para os 6 bifes de frango em estudo. As temperaturas médias iniciais dos bifes congelados no dia 1 e no dia 2 encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9 – Indicação das temperaturas médias internas de bifes de frango antes de entrarem no túnel de congelação contínuo.

	Temperatura interna média (°C)
Dia 1	4,98±0,38
Dia 2	5,05±0,45

Na Tabela 10 estão representados o tempo, em minutos, da primeira fase de congelação das duas amostras de bifes de frango em estudo no túnel de congelação contínuo, assim como a temperatura do ar deste túnel durante a passagem dos bifes. Também está indicado o peso, em quilogramas, das duas amostras e a temperatura interna de cada uma após este processo primário de congelação.

Tabela 10 – Indicação do peso das duas amostras de bifes de frango em estudo (Kg), do tempo de permanência (min) das mesmas no túnel de congelação contínuo, da temperatura do ar do túnel (°C) durante a passagem dos produtos e da temperatura do produto (°C) após sair do túnel.

Amostra	Peso da amostra (Kg)	Tempo de permanência (min) do produto no túnel contínuo	Temperatura do ar do túnel contínuo (°C) durante a passagem do produto ($\pm 1,00$ °C)	Temperatura do produto (°C) após sair do túnel contínuo ($\pm 0,5$ °C)
1	0,140 \pm 0,005	4,42	-29,90	-4,6
2	0,155 \pm 0,005	4,42	-28,60	-3,2

Como se pode observar na Tabela 10, as temperaturas internas das amostras 1 e 2 depois da passagem pelo túnel de congelação foram $-4,6\pm 0,5$ °C e $-3,2\pm 0,5$ °C, respetivamente. No entanto, foi necessária a aplicação de um processo de ultracongelação complementar, como já foi referido no ponto anterior, já que a alternativa de aumentar o tempo do processo de congelação no túnel contínuo não é viável ao nível da produção da empresa. Assim, colocaram-se os bifes de frango em grades que imediatamente depois foram transportados para um túnel de congelação em *batch*, de modo a serem atingidas as temperaturas de ultracongelação (-18 °C ou inferiores (33)).

Na Tabela 11, encontram-se as temperaturas médias do ar do túnel durante o processo de ultracongelação dos produtos, assim como o estado do túnel em *batch* (cheio, meia carga ou vazio). Como já foi referido, o estado do túnel é variável consoante o número de encomendas de produtos alimentares ultracongelados. Deste modo, durante a realização de todo o estudo, o nível de utilização da capacidade do túnel não foi constante (Tabela 11), tendo sido avaliados os efeitos destas diferenças ao nível do tempo de ultracongelação das amostras em estudo (Figura 24).

Tabela 11 – Temperaturas médias (°C) do ar do túnel de congelação em *batch* durante o tempo de permanência das amostras e indicação do estado do túnel.

Amostras	Temperatura média do túnel (°C) durante o tempo de permanência do produto	Estado do túnel
1 - cheio	-29,02±1,11	Cheio
2 - vazio	-28,67±1,25	Vazio

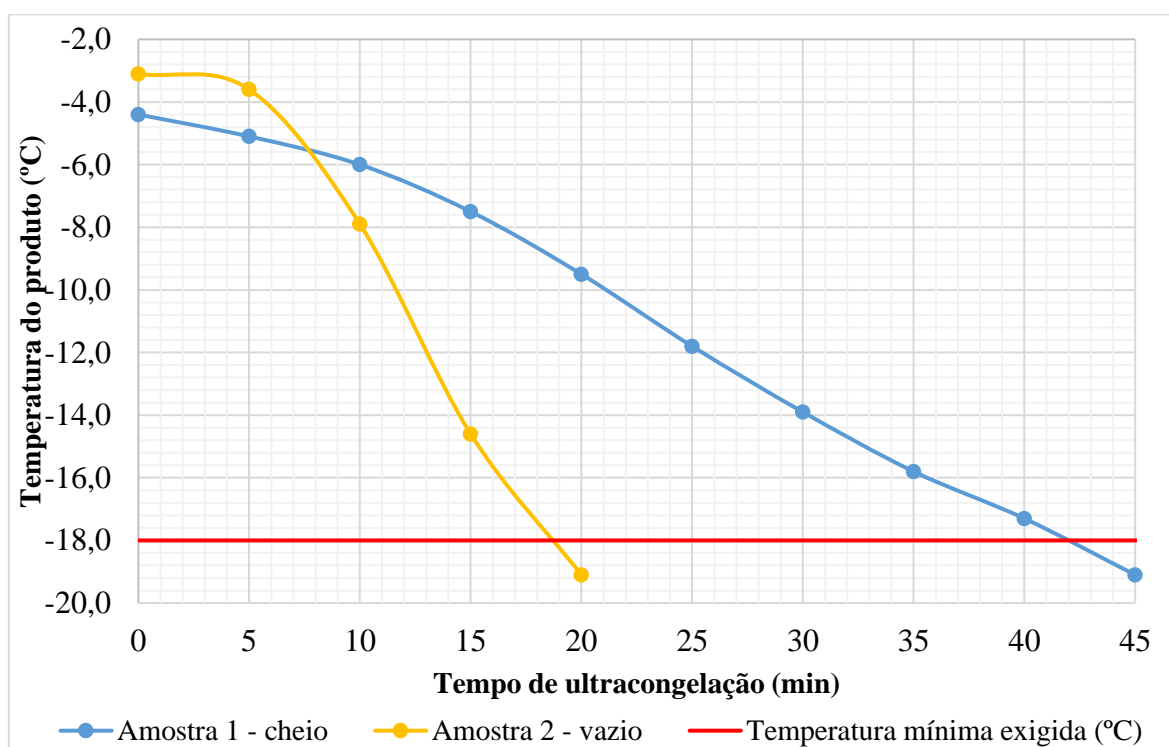


Figura 24 – Variação das temperaturas internas das amostras 1 e 2 de bifes de frango colocados em grades durante o processo de ultracongelação no túnel de congelação em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). As interseções das curvas azul e amarela com a linha vermelha correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C, isto é, a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).

De acordo com o gráfico da Figura 24, verificou-se que o tempo necessário para a amostra 1 atingir os -18,0 °C foi bastante superior ao da amostra 2. No caso da amostra 1, esta demorou entre 40 a 45 minutos a atingir os -18,0 °C, enquanto que a amostra 2 atingiu esta temperatura no intervalo de tempo de 15 a 20 minutos. Esta diferença nos resultados entre amostras pode justificar-se pelo facto de o túnel de congelação em *batch* estar cheio durante o estudo com a amostra 1 e vazio durante o estudo com a amostra 2. Assim, quando

o túnel está cheio existe mais energia para ser retirada, pelo que o tempo necessário para ocorrer a ultracongelação dos produtos é maior. Para além disto, o facto de a grade do produto em estudo ter paletes ao lado, a área para a transferência de calor é menor do que no caso de não haver qualquer paleta encostada. De forma a comprovar, mais uma vez, que a temperatura interna das amostras no início do processo de ultracongelação no túnel de congelação em *batch* não teve grande influência no tempo de ultracongelação, constatou-se novamente que a temperatura interna da amostra 1 foi inferior ($-4,6 \pm 0,5$ °C) à da amostra 2 ($-3,2 \pm 0,5$ °C) e, mesmo assim, a amostra 1 demonstrou um processo de ultracongelação bastante mais demorado. Deste modo, concluiu-se que o principal fator responsável pela diferença de resultados no que respeita aos tempos de ultracongelação do mesmo tipo de produto, colocado em condições semelhantes, foi o nível de utilização da capacidade (cheio, meia carga ou vazio) do túnel de congelação em *batch*.

Deste modo, após a análise de todos os resultados (incluindo os do Anexo I), concluiu-se que quando o túnel de congelação em *batch* estava cheio, os bifes de frango colocados em grade demoraram entre 35 e 40 minutos (amostra 3 da Figura A8 do Anexo I), na melhor das hipóteses, e entre 40 e 45 minutos na pior das hipóteses (amostra 1 da Figura 24) a atingir os $-18,0$ °C. Já quando o túnel estava vazio, as amostras demoraram entre 15 e 20 minutos, no melhor cenário, (amostra 2 da Figura 24) a atingir a mesma temperatura e, no pior cenário entre 25 e 30 minutos (amostra 6 da Figura A8 do Anexo I). Os tempos de ultracongelação das amostras 4 e 5 encontram-se dentro deste intervalo, sendo de 20 a 25 minutos (túnel de congelação em *batch* vazio). Ainda assim, comparando os ensaios realizados em caixa de cartão com os realizados em grade de plástico, foi possível concluir que o processo de ultracongelação dos bifes colocados em grades foi muito mais rápido do que quando estes são previamente embalados em caixa.

3.2.4. Hambúrguer de porco (60g)

No caso dos hambúrgueres de porco (60g), e como já foi referido anteriormente, efetuou-se o estudo em 10 momentos diferentes, sendo que em cada um deles realizou-se a medição da temperatura interna de 10 amostras. Todavia, nesta secção encontram-se só exemplos de 4 conjuntos de medições, encontrando-se os outros resultados no Anexo I (Tabela A10 e Figuras A9 e A10).

Para se ficarem a conhecer as temperaturas iniciais dos hambúrgueres antes do processo de ultracongelação mediram-se aleatoriamente as temperaturas internas a 10 hambúrgueres antes de entrarem no túnel de congelação, como já foi referido. Devido ao facto de o processo mecânico do túnel de congelação ser contínuo, não foi possível a realização de um estudo em que se medisse inicialmente a temperatura de um hambúrguer à entrada e a temperatura desse mesmo hambúrguer à saída do túnel, porque, mesmo marcando o produto, torna-se difícil identificá-lo à saída do túnel de congelação contínuo, devido à elevada quantidade de hambúrgueres que saem do mesmo. Assim, antes dos hambúrgueres de porco (60g) entrarem neste túnel de congelação contínuo, procedeu-se à medição da temperatura interna de 10 hambúrgueres de modo aleatório e calculou-se a média das temperaturas. Após a passagem dos hambúrgueres pelo túnel seleccionaram-se 10 produtos em cada dia do estudo, também de modo aleatório, e procedeu-se à medição das temperaturas internas com o termómetro *testo* 826-T4, como já foi explicado. Este processo repetiu-se para os 10 conjuntos de hambúrgueres de porco (60g) em estudo. Na Tabela 12 encontram-se as temperaturas médias internas iniciais (e os desvios-padrão) desses hambúrgueres que foram ultracongelados ao mesmo tempo que os dos conjuntos 1 a 4. Nesta tabela também está apresentada a temperatura média do ar do túnel de congelação contínuo.

Tabela 12 – Indicação das temperaturas médias internas iniciais das amostras ultracongeladas ao mesmo tempo que as dos conjuntos 1 a 4 e da temperatura média do ar do túnel de congelação contínuo.

	Temperatura inicial média (°C)	Temperatura média do túnel de congelação contínuo (°C)
Conjunto 1	4,6±0,1	-23,37±0,55
Conjunto 2	4,6±0,1	-24,04±0,05
Conjunto 3	4,7±0,1	-25,83±0,38
Conjunto 4	3,9±0,1	-30,60±1,91

Através da análise do gráfico da Figura 25 (seguidamente apresentada), verificou-se que as amostras não apresentaram temperaturas internas de ultracongelação, quando as temperaturas do ar do túnel contínuo foram superiores a $-25,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Como se constatou na Figura 25 e na Tabela 12, a temperatura média do ar do túnel durante a passagem das amostras de hambúrgueres de porco do conjunto 1 foi de $-23,37\pm 0,55\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo que as temperaturas internas destes produtos estão compreendidas entre $-14,2\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-13,8\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Já no caso do conjunto 2, a temperatura média do ar do túnel foi de $-24,04\pm 0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Tabela 12) e as temperaturas internas das amostras de hambúrgueres de porco deste conjunto estão compreendidas entre $-16,0\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-15,7\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

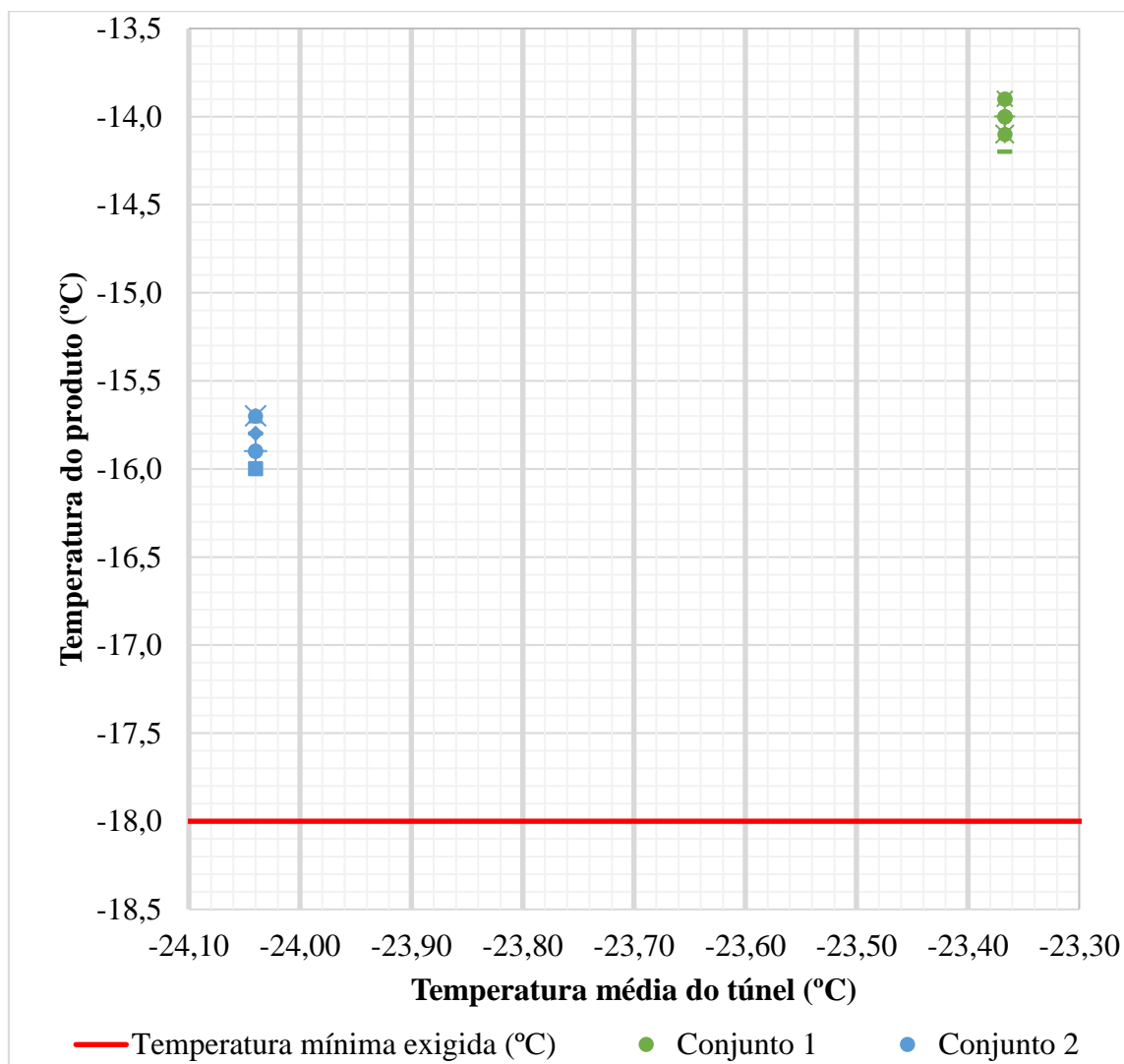


Figura 25 – Variação da temperatura interna ($^{\circ}\text{C}$) de hambúrgueres de porco para valores de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) do túnel contínuo superiores a $-25,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Indicação da temperatura mínima ($-18,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha).

Por outro lado, ao analisar o gráfico da Figura 26 (seguidamente apresentada), verificou-se que quando o ar do túnel apresentou temperaturas inferiores a $-25,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, os hambúrgueres de porco atingiram temperaturas internas iguais ou inferiores a $-18,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou seja, atingiram temperaturas de ultracongelção. Ao analisar-se mais detalhadamente a Figura 26 e também a Tabela 12, constatou-se que no caso do conjunto de amostras 3, a temperatura média do ar do túnel contínuo foi de $-25,83\pm 0,38\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo que as temperaturas internas das amostras estiveram compreendidas entre $-18,5\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-18,2\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

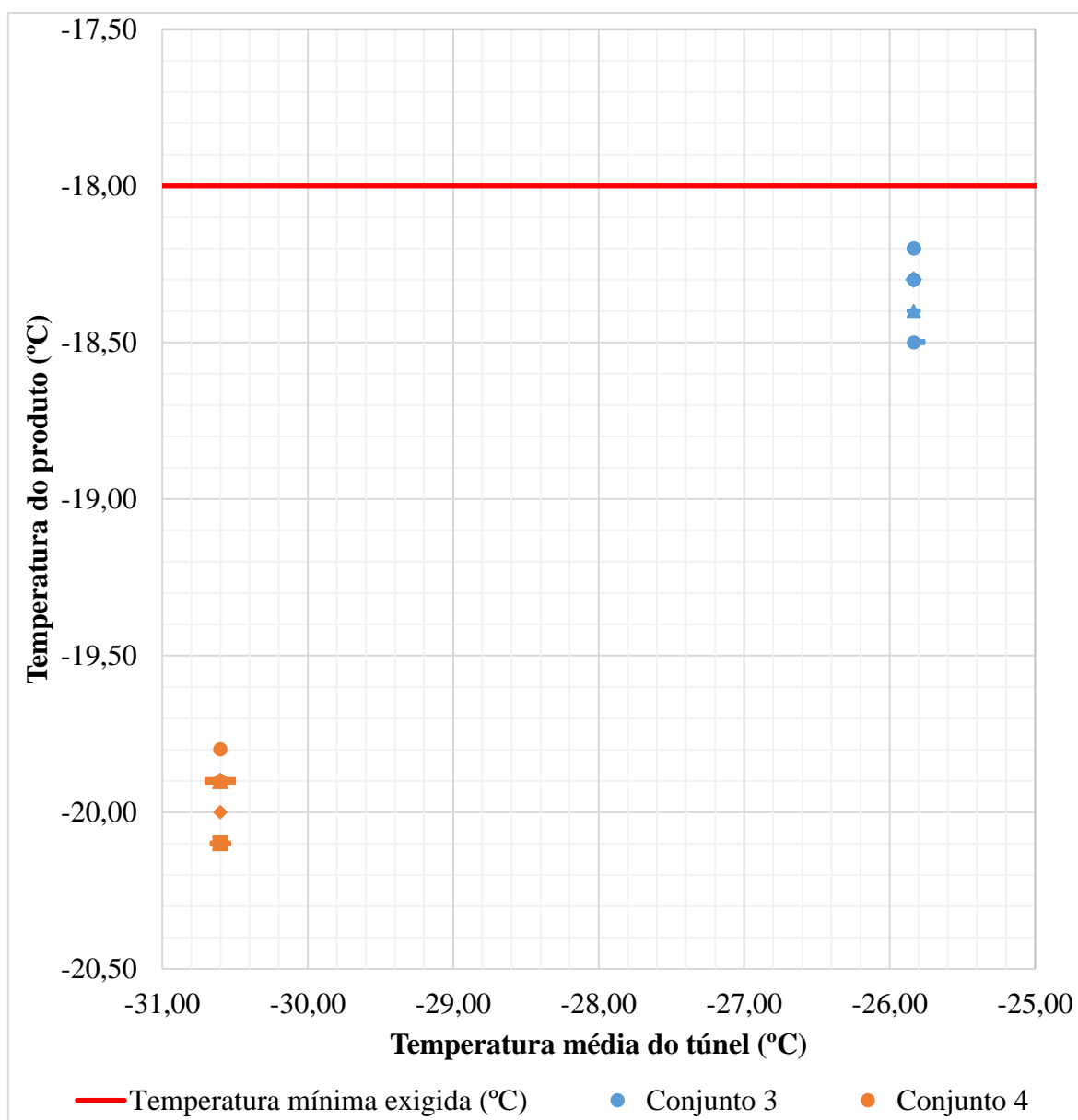


Figura 26 – Variação da temperatura interna ($^{\circ}\text{C}$) de hambúrgueres de porco para valores de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) do túnel contínuo inferiores a $-25,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Indicação da temperatura mínima ($-18,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha).

Já no conjunto 4, o ar do túnel apresentou uma temperatura média bastante mais baixa que a anterior, isto é $-30,60 \pm 1,91$ °C (Tabela 12), sendo que diminuíram também as temperaturas internas das amostras deste conjunto comparativamente com o anterior. Tal ocorreu uma vez que o tempo de ultracongelação neste túnel foi exatamente o mesmo (5 minutos). Assim, as amostras do conjunto 4 apresentaram temperaturas internas entre $-20,2 \pm 0,5$ °C e $-19,7 \pm 0,5$ °C. Deste modo, é possível concluir que para uma correta ultracongelação dos hambúrgueres de porco (60g) neste túnel de congelação contínuo é necessário que a temperatura do ar do túnel seja sempre inferior a $-25,0$ °C, já que o tempo máximo viável de ultracongelação deste produto para a empresa é de 5 minutos, devido à grande quantidade de hambúrgueres de porco (60g) que têm que ser produzidos.

Como se pode observar nestas figuras, cada conjunto apresenta pontos sobrepostos, já que algumas amostras apresentaram igual temperatura após saírem do túnel de congelação contínuo. Deste modo, no Anexo I são apresentadas tabelas (uma para cada conjunto de 10 amostras) com as temperaturas internas de cada produto após o processo de ultracongelação (Tabelas A11 a A20).

3.2.5. Hambúrguer de frango (80g)

Relativamente aos hambúrgueres de frango, realizou-se o estudo em 5 produtos em dias úteis (uma vez em cada dia), no túnel de congelação em *batch* após os produtos terem sido sujeitos a um processo de congelação prévio num túnel de congelação em espiral e depois do embalamento. Todavia, nesta secção encontram-se só 2 exemplos (o do dia 1 e o do dia 2), encontrando-se os outros resultados no Anexo I (Tabelas A21 a A24 e Figura A11).

Nas figuras desta secção, os valores das temperaturas dos produtos são apresentados de hora em hora. No entanto, como já foi referido na secção dos Materiais e métodos, os registos foram feitos de 5 em 5 minutos.

Como foi referido anteriormente, os hambúrgueres de frango são previamente cozidos antes de entrarem no túnel de congelação em espiral para evitar o desenvolvimento microbiológico, nomeadamente de *Salmonella*. Para se ficarem a conhecer as temperaturas dos hambúrgueres depois deste processo e antes do processo de ultracongelação mediram-se aleatoriamente as temperaturas internas a 5 hambúrgueres antes de entrarem no túnel de congelação nos dias em que se realizaram os estudos de determinação do tempo de ultracongelação. Devido ao facto de o processo mecânico do túnel de congelação em espiral ser contínuo, não foi possível a realização de um estudo em que se medisse inicialmente a temperatura de um hambúrguer à entrada e a temperatura desse mesmo hambúrguer à saída do túnel, porque, mesmo marcando o produto, torna-se difícil identificá-lo à saída do túnel de congelação, devido à elevada quantidade de hambúrgueres que saem do mesmo. Assim, antes dos hambúrgueres de frango (80g) entrarem neste túnel de congelação em espiral, procedeu-se à medição da temperatura interna de 5 hambúrgueres de modo aleatório e calculou-se a média das temperaturas. Após a passagem dos hambúrgueres pelo túnel seleccionou-se um único produto em cada dia de estudo, também de modo aleatório, e procedeu-se à determinação do tempo de ultracongelação com o *Data Logger*, como já foi explicado. Este processo repetiu-se para os 5 hambúrgueres de frango (80g) em estudo. Na Tabela 13 encontram-se as temperaturas médias internas destes hambúrgueres de frango. Na Tabela 14 observam-se as temperaturas dos produtos após saída do túnel de congelação em espiral e a temperatura média e o respetivo desvio-padrão do ar deste túnel durante a passagem do produto.

Tabela 13 – Indicação das temperaturas médias internas de hambúrgueres de frango após processo de cozedura.

	Temperatura interna média (°C)
Dia 1	71,1±0,2
Dia 2	70,4±0,2
Dia 3	72,3±0,2
Dia 4	70,8±0,3
Dia 5	73,3±0,2

Tabela 14 – Indicação das temperaturas internas de 2 hambúrgueres após saída do túnel de congelação em espiral, um no dia 1 e outro no dia 2, e indicação da temperatura média do ar do túnel (°C) durante a passagem dos produtos com o respetivo desvio-padrão.

Dia	Amostras	Temperatura do produto após saída do túnel em espiral (±0,5 °C)	Temperatura média do ar do túnel em espiral (°C) durante a passagem do produto
1	1	-3,6	-31,43±1,06
2	2	-7,9	-31,85±1,14

Como os hambúrgueres não atingiram as temperaturas de ultracongelação após a passagem pelo túnel de congelação em espiral, foi necessário encontrar uma alternativa. Assim, e como já foi referido anteriormente, os hambúrgueres foram levados para um túnel de congelação em *batch* após embalagem. Na Tabela 15 observam-se as temperaturas médias e o respetivo desvio padrão da sala de embalagem durante o tempo de permanência do produto, isto é, durante o seu embalagem.

Tabela 15 – Indicação do tempo de permanência, em minutos, dos hambúrgueres de frango na sala de embalagem, assim como da temperatura média da sala (°C) e do respetivo desvio-padrão.

Amostras	Tempo de permanência (min) na sala	Temperatura média da sala de embalagem (°C)
1	45	12,15±0,64
2	40	8,80±0,00

Na Tabela 16 encontram-se as temperaturas internas dos produtos (°C) à entrada do túnel de congelação em *batch*, as temperaturas médias do ar do túnel de congelação em *batch* e o estado do túnel, ou seja, se este se encontrou cheio, com meia carga ou vazio. Na Figura 27, estão representadas as alterações de temperatura interna dos 2 hambúrgueres em estudo na sala de embalagem e no túnel de congelação em *batch* até serem atingidas as temperaturas de ultracongelação.

Tabela 16 – Indicação das temperaturas dos 2 hambúrgueres de frango à entrada do túnel de congelação em *batch* (°C), indicação das temperaturas médias (°C) do túnel de congelação em *batch* durante o tempo de permanência das amostras e indicação do estado do túnel.

Amostras	Temperatura do produto à entrada do túnel ($\pm 0,5$ °C)	Temperatura média do túnel (°C) durante o tempo de permanência do produto	Estado do túnel
1 - cheio	-5,1	-26,73 \pm 2,43	Cheio
2 - vazio	-4,3	-23,28 \pm 3,04	Vazio

Através da análise do gráfico da Figura 27, verificou-se que o tempo necessário para a amostra 1 atingir os -18,0 °C no túnel de congelação em *batch* foi bastante superior ao da amostra 2. Isto é, no caso da amostra 1, o tempo de ultracongelação no túnel em *batch* foi de 2110 minutos, que equivale à diferença entre os 2155 minutos totais e os 45 minutos que o produto esteve na sala de embalagem. Já a amostra 2 demorou 920 minutos a ultracongelar, tempo este que corresponde à diferença entre os 960 minutos totais e os 40 minutos que o produto esteve na sala de embalagem. Assim, os tempos de ultracongelação das amostras 1 e 2 foram de aproximadamente 35 horas e 10 minutos e de 15 horas e 20 minutos, respetivamente. Esta diferença nos resultados entre amostras pode justificar-se pelo facto de o túnel de congelação em *batch* estar cheio durante o estudo com a amostra 1 e vazio durante o estudo com a amostra 2. Assim, quando o túnel está cheio existe mais energia para ser retirada, pelo que o tempo necessário para ocorrer a ultracongelação dos produtos é maior. Para além disto, o facto de a paleta do produto em estudo ter outras paletes ao lado, a área para a transferência de calor é menor do que no caso de não haver qualquer paleta encostada.

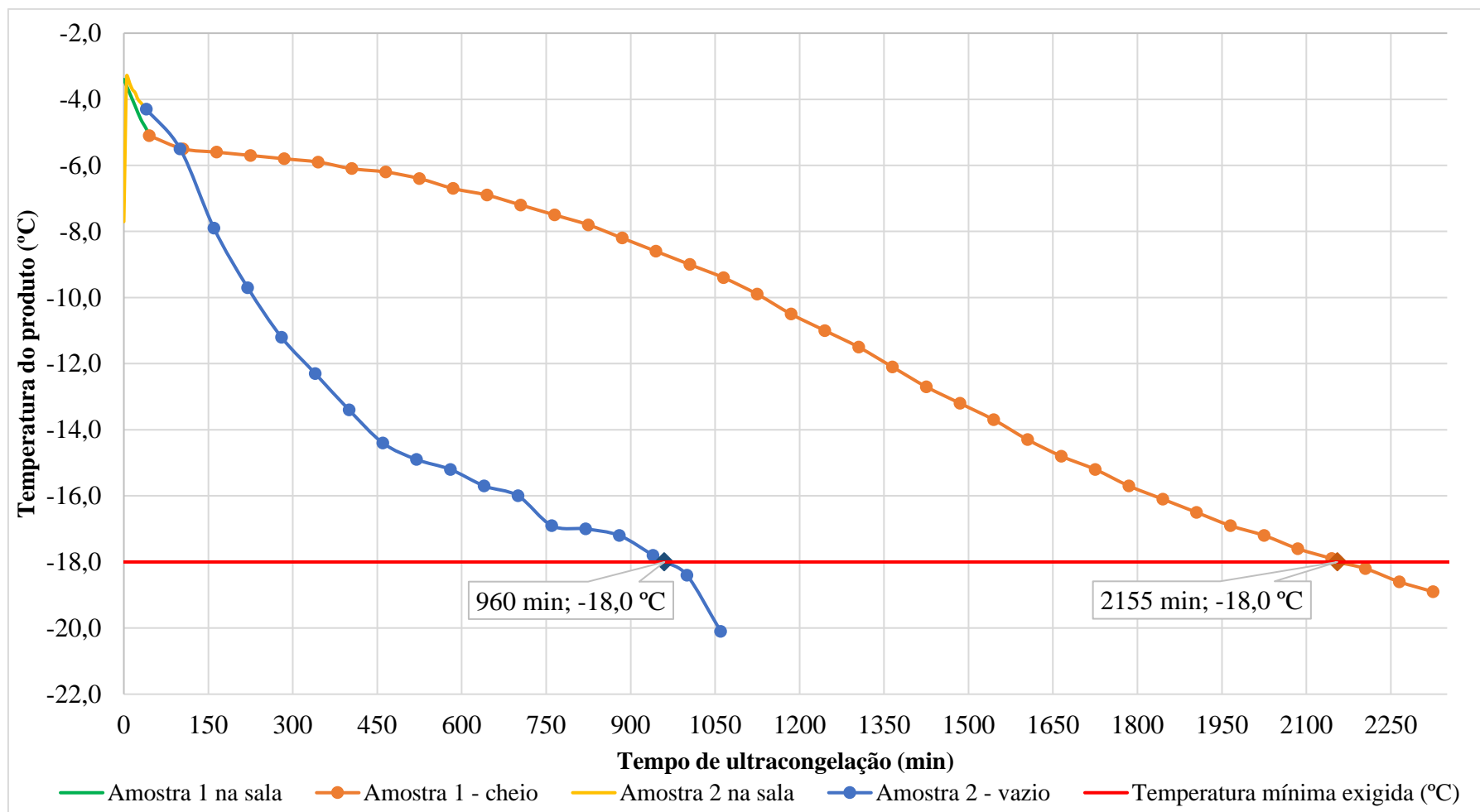


Figura 27 – Variação das temperaturas internas das amostras 1 e 2 de hambúrgueres de frango na sala de embalagem e durante o processo de ultracongelamento no túnel de congelamento em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). Os losangos azul e laranja correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C, isto é, a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).

Para além disto, constatou-se no gráfico da Figura 27 que o tempo de permanência dos hambúrgueres na sala de embalagem à temperatura ambiente foi diferente. No entanto, esta diferença temporal é pequena, sendo que a amostra 1 ficou apenas mais 5 minutos na sala, até que terminasse o embalamento, do que amostra 2. Assim, este fator não teve influência no tempo de ultracongelação dos hambúrgueres, uma vez que mesmo a amostra 1 tendo ficado mais tempo à temperatura ambiente que a amostra 2 (Tabela 15), a primeira apresentou uma temperatura inferior no momento da entrada para o túnel de congelação em *batch* (Tabela 16). Deste modo, foi possível concluir que o principal fator que afetou o tempo de ultracongelação dos hambúrgueres de frango foi o estado do túnel de congelação em *batch*, ou seja, se este esteve cheio, com meia carga ou vazio.

Assim, através da análise de todos estes resultados, incluindo os do Anexo I, foi possível concluir que os hambúrgueres de frango (80g) necessitaram de cerca de 15 horas e 20 minutos (920 minutos) para atingir os -18,0 °C quando o túnel de congelação em *batch* estava vazio (Figura 27). Já quando apresentou meia carga estes produtos necessitaram entre 21 horas e 20 minutos (1280 minutos) e 22 horas e 10 minutos (1330 minutos) (Figura A11 do Anexo I). Quando estava cheio, os hambúrgueres de frango necessitaram entre 34 horas e 25 minutos (2065 minutos) e 35 horas e 10 minutos (2110 minutos) (Figura A11 e Figura 27, respetivamente).

3.3. Ensaaios preliminares

- **Trimmings de novilho**

Relativamente aos *trimmings* de novilho, realizou-se ainda um ensaio na câmara de congelação, de modo a ser determinado o tempo de ultracongelação. Este ensaio justifica-se pelo facto de que quando é necessário, por exemplo, desligar o túnel de congelação em *batch* da empresa para proceder à sua descongelação e limpeza, as paletes de produtos são transferidas para as câmaras de congelação até que o túnel volte a ser ligado. Assim, foi necessário acompanhar o processo de ultracongelação na câmara. Este ensaio seguiu o mesmo procedimento que o estudo realizado durante os dias úteis para a determinação do tempo de ultracongelação dos *trimmings* de novilho no túnel de congelação em *batch*. No entanto, no caso deste ensaio preliminar, o processo de ultracongelação ocorreu numa câmara de congelação e não no túnel de congelação. É de salientar que a câmara de congelação é mais utilizada para manter as temperaturas dos produtos ultracongelados e não para o processo de ultracongelação. Este é normalmente realizado nos túneis de congelação da empresa.

Na Tabela 17 encontram-se as informações relativamente ao peso, em quilogramas, da grade de *trimmings* em estudo, à temperatura (°C) do produto à entrada da câmara de congelação, à temperatura média (°C) da câmara, ao estado da câmara e à data. Na Figura 28, está representada a variação da temperatura interna do *trimming* em estudo até atingir as temperaturas de ultracongelação na câmara de congelação.

Tabela 17 – Indicação do peso da grade com os *trimmings* em estudo (Kg), indicação das temperaturas (°C) das amostras de *trimmings* de novilho em estudo no momento de entrada na câmara, temperatura média (°C) da câmara durante o período de ultracongelação do produto, indicação do estado da câmara (cheia, meia carga ou vazia) e momento/data da realização.

Amostras	Peso dos <i>trimmings</i> ($\pm 0,005$ Kg)	Temperatura (°C) do produto à entrada da câmara ($\pm 0,5$ °C)	Temperatura média (°C) da câmara	Estado da câmara	Data
1	18,050	5,8	-18,65 \pm 2,18	Vazia	2 dias úteis e sábado

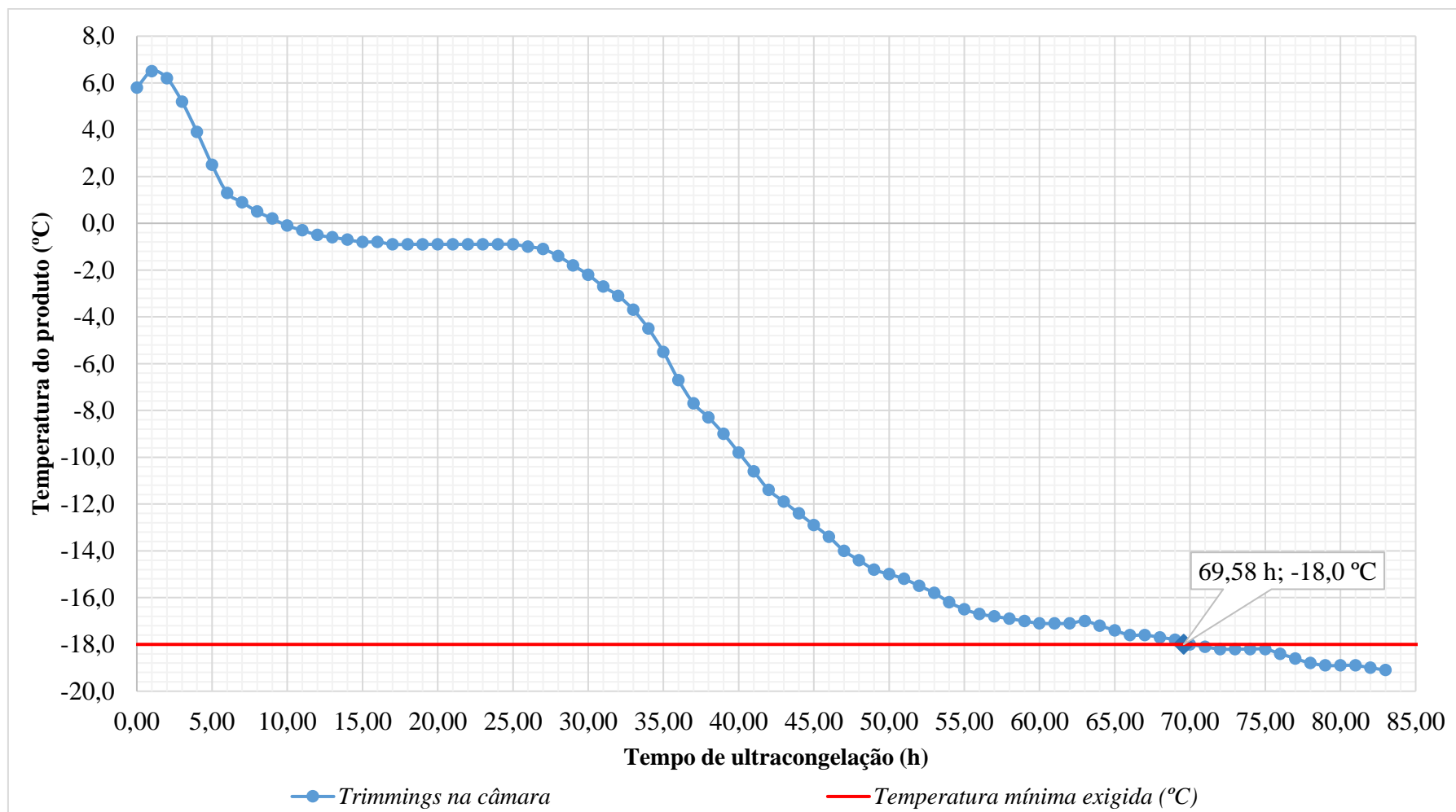


Figura 28 – Variação das temperaturas internas da amostra de *trimming* de novilho durante o processo de ultracongelamento na câmara de congelamento. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). O losango azul corresponde ao momento em que a amostra atingiu os -18,0 °C, isto é, a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).

Através da análise do gráfico da Figura 28, constatou-se que estando a câmara de congelação vazia, a amostra de *trimmings* de novilho demorou 69,58 horas, ou seja, 69 horas e 35 minutos, aproximadamente, a atingir os -18,0 °C. A temperatura do ar da câmara não sofreu grandes variações ao longo do estudo (Tabela 17). Comparando este resultado com os tempos de ultracongelação dos *trimmings* de novilho no túnel de congelação em *batch* (ver secção 3.2.1.) concluiu-se que o processo de ultracongelação é bastante mais rápido no túnel de congelação em *batch*, independentemente do seu estado (cheio ou vazio) e do momento da ultracongelação (dias úteis ou fim de semana).

- **Perna coxa de frango**

Relativamente à perna coxa de frango foi realizado um ensaio numa câmara de congelação quando o túnel de congelação em *batch* foi desligado para descongelação e limpeza. Este ensaio foi realizado de modo a determinar qual o tempo de ultracongelação da perna coxa de frango na câmara de congelação ou então para determinar quanto tempo é necessário o produto ficar no túnel de congelação em *batch* após passar um fim de semana na câmara, de modo a atingir os -18 °C ou menos. Na Tabela 18 encontram-se as informações relativamente ao peso, em quilogramas, da perna coxa de frango em estudo, à temperatura (°C) do produto à entrada da câmara de congelação, à temperatura média (°C) e ao estado da câmara e à data/momento da congelação.

Tabela 18 – Indicação do peso da grade com os *trimmings* em estudo (Kg), indicação das temperaturas (°C) das amostras de perna coxa de frango em estudo no momento de entrada na câmara, temperatura média (°C) da câmara durante o período de ultracongelação do produto, indicação do estado da câmara (cheia, meia carga ou vazia) e momento/data da realização.

Amostra	Peso (±0,005 Kg)	Temperatura (°C) do produto à entrada da câmara (±0,5 °C)	Temperatura média (°C) da câmara	Estado da câmara	Data
1	0,320	8,0	-15,48±2,96	Cheia	Fim de semana

Na Tabela 19, encontram-se as informações relativamente à temperatura (°C) do produto à entrada do túnel de congelação em *batch*, à temperatura média (°C) do túnel, ao estado do túnel e à data/momento da ultracongelação. Na Figura 29, está representada a variação da temperatura interna da perna coxa em estudo na câmara de congelação e

posteriormente no túnel de congelação em *batch*, já que o tempo que a paleta permaneceu na câmara não foi suficiente para ultracongelar a amostra.

Tabela 19 – Indicação da temperatura (°C) da amostra de perna coxa de frango em estudo no momento de entrada no túnel de congelação em *batch*, temperatura média (°C) do túnel durante o período de ultracongelação do produto, indicação do estado do túnel (cheio, meia carga ou vazio) e momento/data da realização.

Amostra	Temperatura (°C) do produto à entrada do túnel ($\pm 0,5$ °C)	Temperatura média (°C) do túnel	Estado do túnel	Data
1	-2,0	-23,89 \pm 4,60	Meia carga	Dia útil

Através da análise da Figura 29 (apresentada de seguida), constatou-se que durante 67,33 horas, ou seja, 67 horas e 20 minutos aproximadamente, a perna coxa de frango em estudo não atingiu os -18,0 °C. Este período de tempo corresponde ao tempo em que o túnel de congelação em *batch* esteve desligado e em que o produto esteve na câmara de congelação. Assim, após este intervalo temporal, o túnel voltou a funcionar e a paleta com o produto em estudo foi transferida para o interior do túnel. A partir deste momento foram necessárias 39,09 horas, ou seja, 39 horas e 5 minutos, aproximadamente, para a perna coxa de frango atingir as temperaturas de ultracongelação. Este período de tempo resulta da diferença entre o tempo total de ultracongelação, isto é, 106,42 horas e número de horas que o produto esteve na câmara, ou seja, 67,33 horas. Assim pode concluir-se que um fim de semana na câmara de congelação não é suficiente para ultracongelar as pernas coxas de frango, sendo necessário colocar estes produtos no túnel de congelação em *batch* para terminar o processo de ultracongelação.

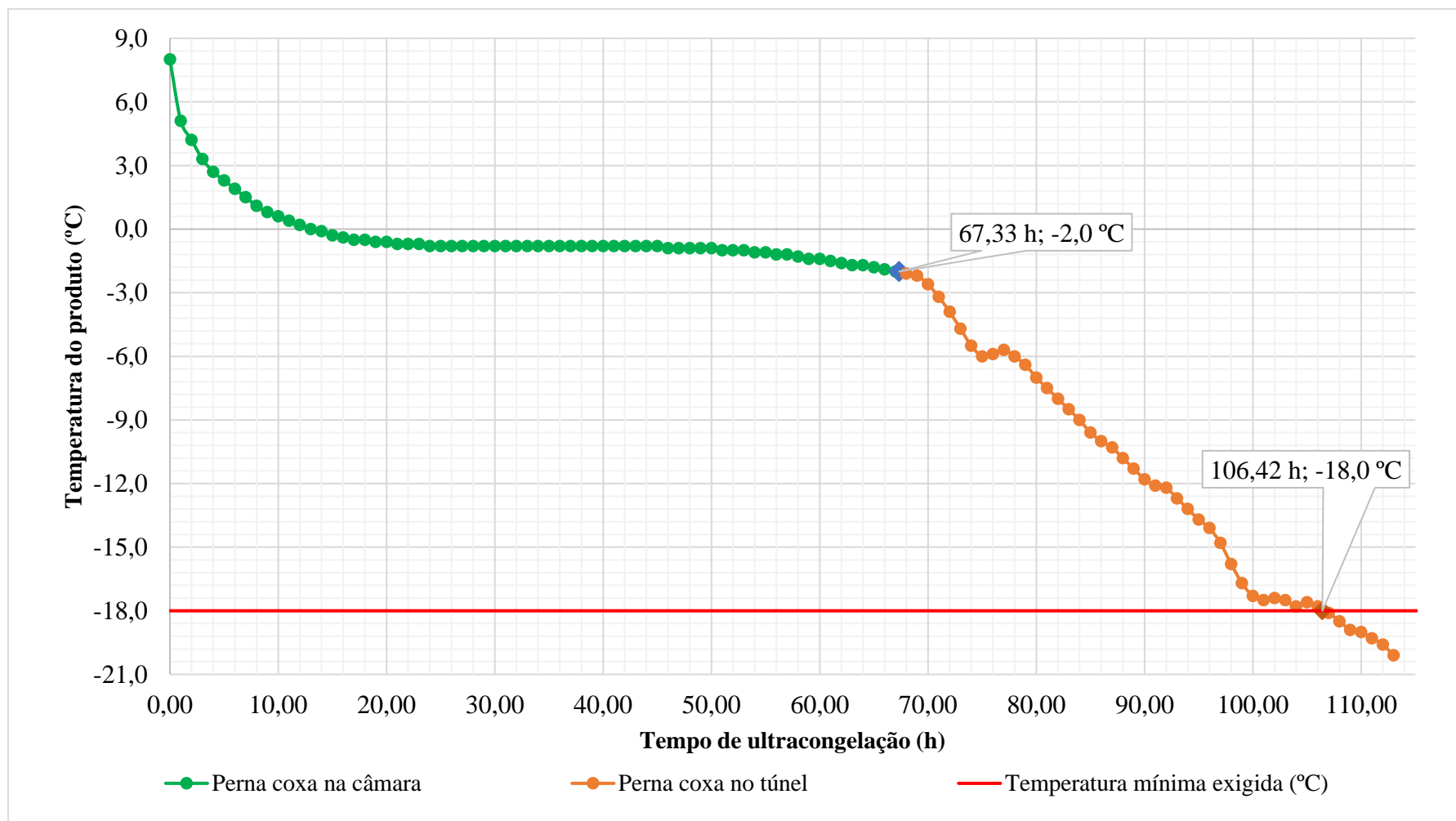


Figura 29 – Variação das temperaturas internas da amostra de perna coxa de frango durante o processo de ultracongelamento na câmara de congelamento e no túnel de congelamento em batch. O losango azul marca o momento de entrada da paleta no túnel. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). O losango laranja corresponde ao momento em que a amostra atingiu os -18,0 °C (33).

- **Bifes de frango**

Relativamente aos bifes de frango também foi realizado um ensaio preliminar no qual se aumentou ao máximo o tempo de permanência dos bifes no túnel de congelação contínuo (aproximadamente 10 minutos), de modo a tentar que as temperaturas internas destes produtos atingissem os -18,0 °C ou temperaturas inferiores. Na Tabela 20, encontram-se as temperaturas internas dos bifes de frango e a temperatura do ar do túnel.

Tabela 20 – Temperaturas internas dos bifes de frango (°C) após permanecerem no túnel de congelação contínuo durante o tempo máximo e indicação da temperatura média do ar do túnel (°C) durante a passagem do produto e do respetivo desvio-padrão.

Amostra	Temperatura interna ($\pm 0,5$ °C)	Temperatura média do ar do túnel contínuo (°C)
1	-6,5	-30,70 \pm 0,00
2	-6,8	-30,70 \pm 0,00
3	-7,0	-30,70 \pm 0,00
4	-4,0	-30,70 \pm 0,00
5	-4,5	-30,70 \pm 0,00
6	-4,2	-30,70 \pm 0,00

No entanto, de acordo com os resultados da Tabela 20, verificou-se que mesmo aumentando ao máximo o tempo de permanência dos bifes de frango no túnel de congelação contínuo, não foi ainda suficiente para os produtos atingirem as temperaturas de ultracongelação. Assim, foi necessário a aplicação de um processo adicional, como já foi referido, ou seja, transferir os bifes de frango em grade ou embalado em caixa para o túnel de congelação em *batch*.

- **Hambúrguer de frango (80g)**

Entretanto, para além do estudo referido anteriormente, realizaram-se alguns ensaios preliminares relativamente ao processo de ultracongelação dos hambúrgueres de frango. Isto é, o processo ideal de ultracongelação seria a realização de uma etapa única, isto é, no túnel de congelação em espiral, de modo ao processo ocorrer o mais rapidamente possível (32). Contudo, para os hambúrgueres de frango atingirem as temperaturas de -18,0 °C ou

inferiores durante a passagem neste túnel seria necessário o aumento do tempo de permanência dos produtos no túnel. No entanto, o aumento do tempo no túnel em espiral não é viável para a empresa, devido às grandes quantidades de produtos que têm que passar por este túnel durante um dia de trabalho. Assim, optou-se por levar a paleta dos hambúrgueres ao túnel de congelação em *batch*. Porém, ainda foi possível a realização de um ensaio preliminar, para testar qual seria o aumento de tempo necessário para os hambúrgueres de frango atingirem as temperaturas de ultracongelação no túnel em espiral (Tabela 21).

Tabela 21 – Temperaturas internas dos hambúrgueres de frango após permanecerem no túnel de congelação em espiral durante 45 minutos (tempo habitual), 70 min e 75 minutos.

Tempo (min)	Temperatura ($\pm 0,5$ °C)					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6
45 ^(a)	-4,8	-4,7	-4,8	-4,9	-4,3	-3,8
70	-19,4	-20,2	-19,9	-20,3	-20,1	-20,1
75	-21,4	-22,9	-22,3	-26,2	-24,4	-24,6

^(a) Tempo de congelação habitual

Através da análise da Tabela 21 verificou-se que se os hambúrgueres de frango permanecerem 45 minutos (tempo habitual) no túnel de congelação em espiral, não atingem as temperaturas de ultracongelação. No entanto, se permanecerem pelo menos 70 minutos, já atingem temperaturas inferiores a -18 °C.

Ainda relativamente aos hambúrgueres de frango, foi possível realizar alguns ensaios para avaliar a estabilidade das temperaturas de ultracongelação dos hambúrgueres de frango na câmara de *stock*. Para tal, após os hambúrgueres atingirem as temperaturas de ultracongelação no túnel de congelação em *batch*, a paleta foi transferida para a câmara de *stock*. Este estudo preliminar foi realizado em 5 hambúrgueres de frango. No entanto, nesta secção só estão representados 2 exemplos. Os restantes resultados encontram-se na Tabela A25 e na Figura A12 do Anexo I. O registo das temperaturas foi efetuado de 5 em 5 minutos pelo *Data Logger*, no entanto nas figuras apresentadas as temperaturas estão representadas de hora em hora para facilitar a visualização.

Na Tabela 22 estão indicados o número da amostra em estudo, a temperatura do hambúrguer (°C) à entrada da câmara de *stock*, a temperatura média do ar (°C) da câmara de

stock, o estado da câmara de *stock* (cheia, meia carga ou vazia), o tempo de permanência da paleta na câmara de *stock* e o momento da realização do estudo (data). No gráfico da Figura 30 estão representadas as variações de temperatura das amostras 2 e 5 de hambúrguer de frango (80g) na câmara de *stock*.

Tabela 22 – Indicação da temperatura (°C) das amostras de hambúrgueres de frango em estudo no momento de entrada na câmara de *stock*, temperatura média (°C) do ar da câmara durante o tempo de permanência do produto, indicação do estado da câmara (cheia, meia carga ou vazia), tempo de permanência da paleta na câmara e data da realização.

Amostras	Temperatura (°C) do produto à entrada da câmara ($\pm 0,5$ °C)	Temperatura média (°C) da câmara	Estado da câmara	Tempo de permanência (h)	Data
2	-22,7	-16,05 \pm 3,19	Cheio	71	Fim de semana
5	-20,3	-18,69 \pm 2,16	Cheio	94	Dias úteis e fim de semana

De acordo com o gráfico da Figura 30 (seguidamente apresentada), constatou-se que a temperatura interna da amostra 2 aumentou muito mais nas primeiras 30 horas na câmara de *stock* que a da amostra 5, tendo ultrapassado o limite máximo permitido para produtos ultracongelados. Estes aumentos da temperatura dos produtos podem dever-se a vários fatores, como ao facto de a porta da câmara estar aberta durante muitas horas durante o dia (exceto fins de semana), ao facto de a câmara estar sempre cheia e ao facto de só existirem 2 evaporadores à entrada e a paleta de hambúrgueres de frango ser colocada ao fundo da câmara (longe dos evaporadores). As amostras 3 e 4 da Figura A12 do Anexo I estão na mesma situação que a amostra 2. No entanto, comparando as variações de temperatura das amostras 2 e 5, esta última conseguiu manter temperaturas internas de ultracongelação, isto é, temperaturas iguais ou inferiores a -18 °C, possivelmente devido ao facto de nesta altura já estar construída uma antecâmara para a câmara de *stock* com cortinas de plástico à entrada. Esta antecâmara veio possibilitar uma maior estabilidade de temperatura dentro da câmara de *stock*, não havendo aumentos tão elevados de temperatura como ocorria anteriormente à construção.

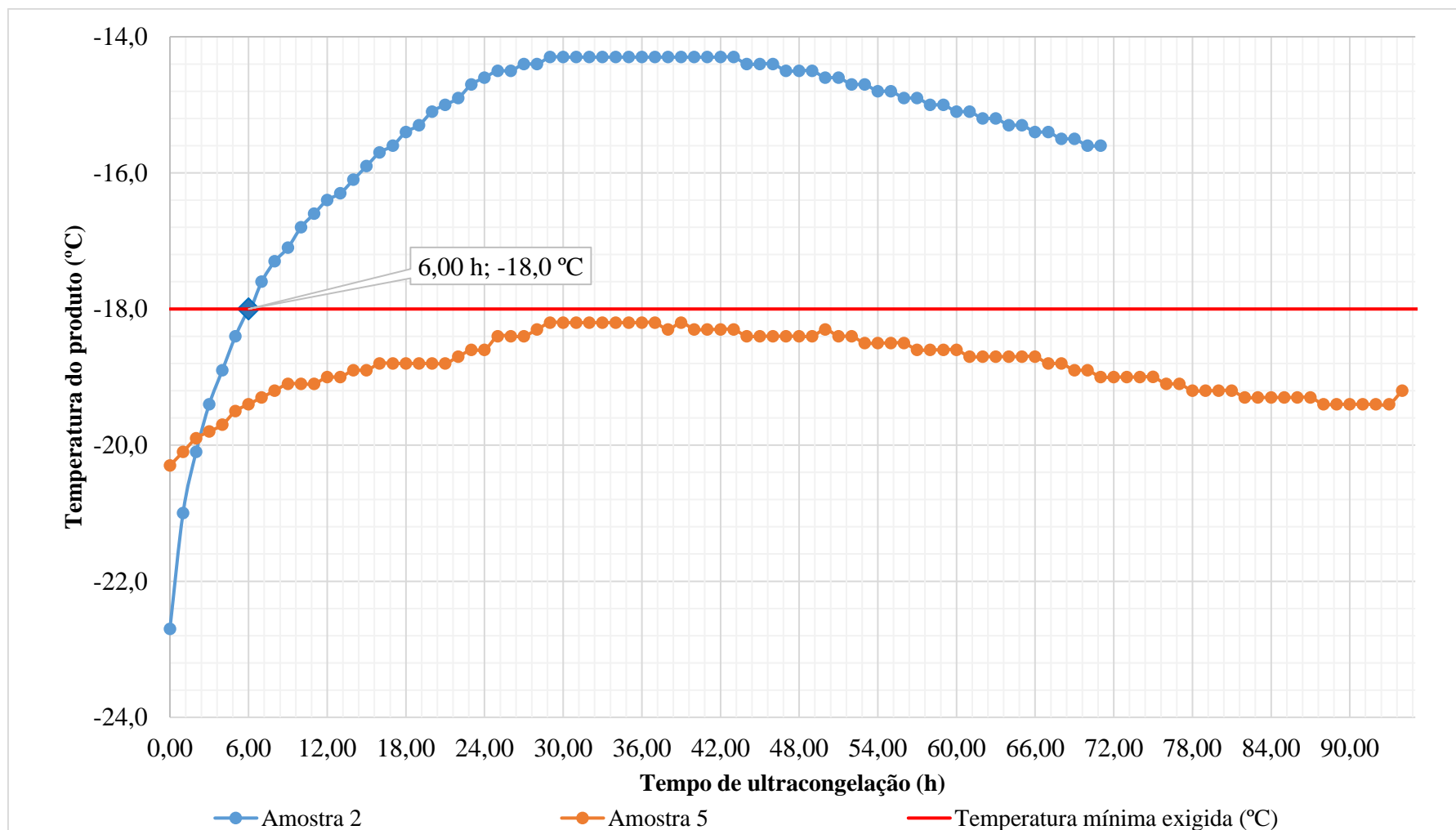


Figura 30 – Variação das temperaturas internas das amostras de hambúrguer de frango durante o armazenamento na câmara de *stock*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). O losango azul corresponde ao momento em que a amostra 2 aumentou a sua temperatura interna para $-18,0^{\circ}\text{C}$, ou seja, para a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).

- **Determinação dos tempos de ultracongelação de outros produtos produzidos e/ou comercializados pela empresa Irmãos Monteiro, S.A.**

Durante o estágio, foi possível também a realização de alguns ensaios preliminares ao nível da determinação dos tempos de ultracongelação de outros produtos produzidos e/ou comercializados pela empresa Irmãos Monteiro, S.A.. Entre os produtos em estudo encontram-se alguns pré-cozinhados, ou seja, uma chamuça vegetariana (ultracongelada numa câmara de congelação), chamuças de frango de 20g, 40g e 60g (uma de cada) e o pastel de bacalhau (todos ultracongelados no túnel de congelação em *batch*). No caso destes produtos, a sonda do *Data Logger* foi inserida em cada um deles e os produtos foram colocados em grades de plástico e levados para a câmara ou para o túnel de congelação. Os outros produtos cárnicos foram as tiras de suíno, as costeletas do cachaço, frango inteiro da categoria de 600/700g, os miúdos de frango, pá de suíno sem osso e perna de suíno com osso. A sonda do *Data Logger* foi inserida nos produtos frescos e, após embalamento, a paleta foi levada ao túnel de congelação em *batch*. As tiras de suíno, as costeletas do cachaço, frango inteiro da categoria de 600/700g foram embaladas em caixa de cartão. Os miúdos de frango e a perna de suíno com osso foram embaladas num saco de plástico e depois numa caixa de cartão. Já a pá de suíno sem osso foi embalada a vácuo e depois em caixa de cartão. Foi realizada uma única medição para cada tipo de produto.

Nesta secção encontram-se só 2 exemplos (isto é, o pastel de bacalhau e a chamuça de frango de 20g, ambos produtos pré-cozinhados), enquanto que os restantes estão apresentados na Tabela A26 e nas Figuras A13 a A19 do Anexo I. Na Tabela 23 estão referidos os pesos dos 2 produtos, em gramas, o local de ultracongelação (câmara de congelação ou túnel de congelação em *batch*) e o estado (cheio, meia carga ou vazio) do local, a temperatura do produto (°C) à entrada do local de ultracongelação, a temperatura do ar do túnel (°C) e se os estudos foram realizados em dias úteis ou ao fim de semana (data). No gráfico da Figura 31, observam-se as variações de temperatura do pastel de bacalhau e da chamuça de frango de 20g durante o processo de ultracongelação no túnel de congelação em *batch*.

Tabela 23 – Indicação do peso dos produtos pré-cozinhados (g), do local de ultracongelação e do estado, temperatura do produto (°C) à entrada do túnel de congelação em *batch*, temperatura do ar (°C) do túnel de congelação em *batch* e data.

Produto	Peso (g)	Local de ultracongelação e estado	Temperatura do produto (°C) à entrada do túnel	Temperatura do ar do túnel (°C)	Data
Pastel de bacalhau	-----	Túnel de congelação em <i>batch</i> - Vazio	19,80	-29,58±1,24	Dias úteis
Chamuça	20	Túnel de congelação em <i>batch</i> – Meia carga	18,6	-22,31±1,53	Dias úteis

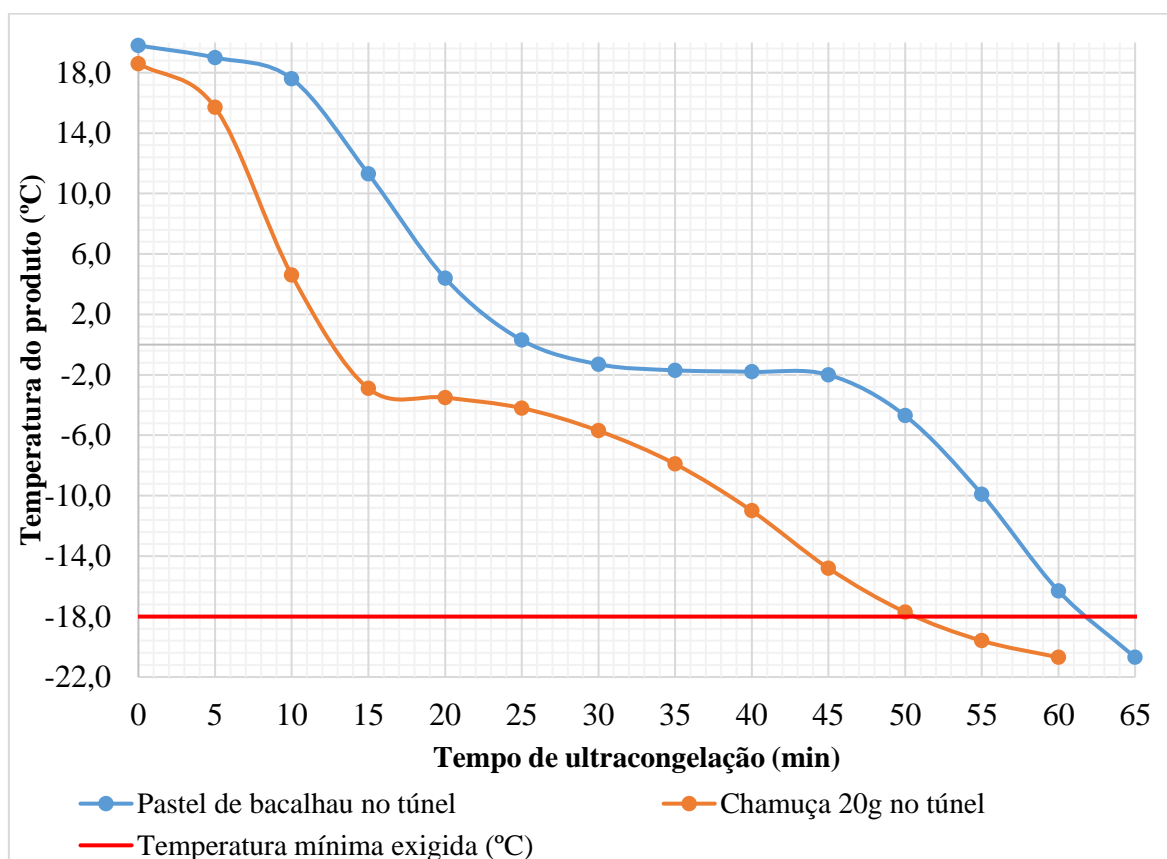


Figura 31 – Variação das temperaturas internas do pastel de bacalhau e da chamuça de frango de 20g colocados em grades durante o processo de ultracongelação no túnel de congelação em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). As interseções das curvas azul e laranja com a linha vermelha correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C, isto é, a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).

De acordo com todos os resultados, incluindo os do Anexo I, concluiu-se que no túnel de congelação em *batch*, o pastel bacalhau demorou entre 60 e 65 minutos a atingir os -18,0 °C (Figura 31), as chamuças de frango de 20g demoraram entre 50 e 55 minutos (Figura 31), as de 40g demoraram entre 205 e 210 minutos (entre 3 horas e 25 minutos e 3 horas e 30 minutos, aproximadamente) e as de 60g demoraram entre 155 e 160 minutos (entre 2 horas e 35 minutos e 2 horas e 40 minutos, aproximadamente). Já a chamuça vegetariana foi ultracongelada numa câmara de congelação e demorou 7,20 horas (7 horas e 12 minutos) a atingir os -18,0 °C. Relativamente aos outros produtos ultracongelados no túnel de congelação em *batch* concluiu-se que a tira de suíno demorou 49,50 horas (49 horas e 30 minutos), a costeleta do cachão demorou entre 30 e 35 minutos, o frango inteiro da categoria 600/700g demorou 19,92 horas (19 horas e 55 minutos aproximadamente), os miúdos de frango demoraram entre 45 e 50 horas, a pá de suíno sem osso demorou 75,00 horas e a perna de suíno com osso demorou 47,08 horas (47 horas e 50 minutos aproximadamente) a atingir os -18,0 °C.

3.4. Conclusão dos estudos da congelação

Em conclusão, através da análise de todos os resultados apresentados, verificou-se que o principal fator que afetou significativamente os processos de ultracongelação no túnel e na antecâmara do túnel de congelação em *batch* foi o seu estado, ou seja, se estavam vazios, com meia carga ou cheios. Assim, os processos de ultracongelação dos vários produtos cárnicos e dos preparados de carne (hambúrgueres de frango) foram mais demorados quando o túnel e a antecâmara estavam cheios do que quando estavam vazios. Isto ocorreu porque quando estavam cheios, houve sempre paletes encostadas umas às outras, pelo que a área de transferência de calor foi menor do que quando estavam vazios e, assim, a ultracongelação dos produtos foi mais lenta. Também se deveu ao facto de que quando o túnel ou a antecâmara do túnel de congelação em *batch* estavam cheios existe mais energia para ser retirada, pelo que os tempos de ultracongelação são mais longos. Para além deste fator, e já no caso dos estudos realizados na antecâmara do túnel de congelação em *batch*, a constante abertura das portas também pode ter influenciado os tempos de ultracongelação dos produtos cárnicos, aumentando-os. Assim, os *trimmings* atingiram as temperaturas de ultracongelação mais rapidamente ao fim de semana, visto que as portas estão sempre fechadas. Já no caso da perna coxa de frango, que foi ultracongelada no túnel e não na antecâmara, a abertura das portas não teve influência no tempo de ultracongelação, uma vez que o túnel está afastado

dessas portas ao contrário da antecâmara. No caso do túnel contínuo para a congelação de bifes, nem com o aumento máximo do tempo de permanência neste túnel os produtos atingiram os $-18,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo assim necessário um processo adicional para completar a ultracongelação. Deste modo, transferiram-se os bifes (embalados em caixa ou colocados em grade) para o túnel de congelação em *batch* para terminarem a ultracongelação e concluiu-se que quando o túnel estava cheio os tempos de ultracongelação foram mais longos. No caso dos hambúrgueres de porco, quando o ar do túnel de congelação contínuo esteve a temperaturas inferiores a $-25,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, estes produtos atingiram as temperaturas de ultracongelação no tempo definido para este processo (5 minutos). Por outro lado, quando as temperaturas do ar do túnel foram superiores a $-25,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, as temperaturas internas dos hambúrgueres não atingiram os $-18,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ em 5 minutos. Relativamente aos hambúrgueres de frango, e como estes sofrem uma cozedura prévia ao processo de ultracongelação, seria necessário aumentar o tempo de permanência no túnel de congelação em espiral de 45 minutos para cerca de 70 minutos, de modo ao produto atingir as temperaturas de ultracongelação. Como não é viável para a empresa, foi necessária a realização de um processo adicional, transportando as paletes destes produtos para o túnel de congelação em *batch*, constatando-se, mais uma vez, que os tempos de ultracongelação foram maiores quando o túnel estava cheio.

Em relação aos estudos preliminares pode concluir-se que quando os *trimmings* de novilho foram colocados na câmara de congelação vazia durante um fim de semana, conseguiram atingir as temperaturas de ultracongelação. Já a perna coxa, como foi embalada em caixa de cartão e como a câmara de congelação estava cheia no fim de semana deste estudo, não atingiu as temperaturas de ultracongelação, sendo necessário completar o processo no túnel de congelação em *batch*. Relativamente ao armazenamento dos preparados de carne, nomeadamente dos hambúrgueres de frango, na câmara de *stock* da empresa, constatou-se que antes da construção da antecâmara as temperaturas dos produtos subiram durante o armazenamento, ultrapassando a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados, isto é, $-18,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. No entanto, com a construção da antecâmara a temperatura do hambúrguer permaneceu abaixo dos $-18,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4. Implementação da certificação IFS *Food*

Como já foi referido, a certificação IFS *Food* foi desenvolvida para os fornecedores da indústria agroalimentar, de modo a dar uma resposta concreta às expectativas dos clientes, relativamente à segurança e à qualidade de processos e produtos alimentares. Deste modo, e pretendendo a empresa Irmãos Monteiro, S.A. diferenciar-se nos parâmetros de segurança e qualidade alimentar e na satisfação dos seus clientes, surgiu a necessidade de implementar a certificação IFS *Food*. No entanto, como a oportunidade de colaborar na implementação desta certificação só surgiu na parte final do estágio, não foi possível aprender muito detalhadamente sobre o que a IFS *Food* consiste. Ainda assim, foi possível colaborar em duas etapas.

4.1. Sistematização da informação de fichas técnicas

Uma das etapas para a implementação desta certificação consistiu na recolha de informação das fichas técnicas de produtos e a respetiva sistematização numa tabela. Entre as informações recolhidas encontraram-se o código, o nome e o estado (ativo/inativo) do produto na empresa Irmãos Monteiro, S.A., o código e o nome do fornecedor e a data da última atualização da respetiva ficha técnica (FT). Para além disso também foram recolhidas informações relativas à lista de ingredientes, observações/ocorrências, origem, tratamentos com radiação, presença/ausência de organismos geneticamente modificados, prazo de validade e condições de armazenamento. Também foram selecionadas e recolhidas informações relativas aos critérios microbiológicos, nutricionais, químicos, físicos e organoléticos e aos alergénios e vestígios de alergénios. Na Tabela 24, encontra-se um exemplo da sistematização das informações contidas na ficha técnica de um produto comercializado pela empresa Irmãos Monteiro, S.A.. No total, recolheu-se a informação de 206 fichas técnicas de produtos como carcaças, peças (pá, perna, peito, asas, entre outros) e também especiarias e condimentos. É ainda de salientar o facto de que na Tabela 24 não são apresentados todos os parâmetros incluídos na tabela global realizada durante o estágio, já que esses parâmetros variam de produto para produto. Assim, na Tabela 24 estão presentes unicamente as informações relativas ao exemplo em questão. Na Tabela B1 do Anexo II encontra-se outro exemplo.

Tabela 24 – Sistematização da informação da FT de um dos produtos comercializados pela empresa Irmãos Monteiro, S.A..

Código	-----
Descrição	Pato Nacional Cong Cx 6 Un
Estado	Ativo
Nº do fornecedor	-----
Nome do fornecedor	-----
Data da última atualização da FT	05-07-2016
Prazo de validade	2 anos
Condições de armazenamento	Manter a temperatura inferior a -18 °C
Observações/ocorrências	Ausente
Lista de ingredientes	Carcaça de Pato que contém na cavidade abdominal um saco plástico com as miudezas
OGM	Não mencionado na FT
Radiação	Não mencionado na FT
Origem	Não mencionado na FT
Critérios microbiológicos	
<i>Salmonella spp.</i>	Ausente em 25g
Enterobacteriaceae	$\leq 5 \times 10^4$ ufc/g
<i>Escherichia coli</i>	$\leq 1 \times 10^3$ ufc/g
<i>Campylobacter</i>	Ausente em 25g
Microrganismos a 30 °C	$\leq 1 \times 10^7$ ufc/g
<i>Staphylococcus coagulase +</i>	$\leq 1 \times 10^3$ ufc/g
<i>Listeria monocytogenes</i>	Ausente em 25g
Critérios nutricionais	
Valor energético (por 100g)	120 kcal/504kJ
Proteínas (por 100g)	20,4g
Hidratos de carbono (por 100g)	< 0,1g

dos quais açúcares (por 100g)	< 0,1g
Lípidos (por 100g)	4,2g
dos quais saturados (por 100g)	2,1g
Fibras (por 100g)	< 0,3g
Sal (por 100g)	0,338g
Critérios Químicos	
Chumbo	≤ 0,1mg/kg (carcaça); ≤ 0,5mg/kg (miudezas)
Cádmio	≤ 0,05mg/kg (carcaça); ≤ 0,5mg/kg (fígado)
Dioxinas e PCB (total)	≤ 3 pg/g gordura
Melamina	< 2,5mg/kg
Critérios físicos e organoléticos	
Cor	Branca/Amarela
Alergénios e vestígios	
Alergénios	Ausente
Vestígios de alergénios	Ausente

4.2. Análise de riscos

Outra das etapas necessárias para a implementação da norma IFS *Food* é a realização de uma avaliação de potenciais riscos inerentes aos produtos. Dentro destes riscos, estão incluídos os perigos físicos, como os materiais quebradiços existentes tanto nos setores de produção como de embalagem dos produtos alimentares. Deste modo, foi realizado um levantamento geral de todos os materiais quebradiços existentes na empresa Irmãos Monteiro, S.A., assim como do estado em que se encontravam. Foram realizados registos escritos e fotográficos desses riscos. Na Tabela 25 e na Figura 32 encontram-se alguns exemplos destes materiais quebradiços.

Tabela 25 – Levantamento de materiais quebradiços e do seu estado no túnel de congelação em *batch*.
Indicação da data do levantamento.

Data	Designação	Nº	Estado
20-04-2017	Porta 1: borracha	1	Normal
20-04-2017	Porta 1: plásticos	Vários	+/-
20-04-2017	Porta 2: plásticos	Vários	Normal
20-04-2017	Luminárias (caixilho)	10	Normal
20-04-2017	Cortinas de plástico	29	2 degradadas e 27 normais
20-04-2017	Plástico do alarme	1	Normal
20-04-2017	Tubos/canos de plástico	4	Normal
20-04-2017	Paletes de madeira	Variável	-----
20-04-2017	Paletes de plástico	Variável	-----
20-04-2017	Grades de plástico	Variável	-----

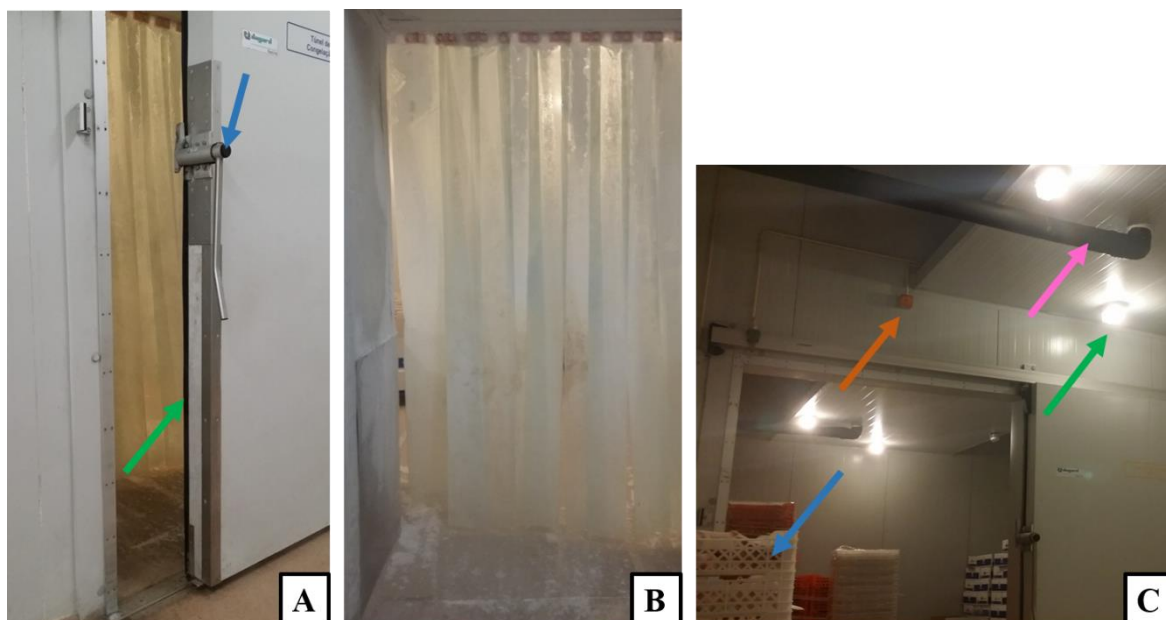


Figura 32 – Indicação de perigos físicos, como a borracha (seta verde) e um dos plásticos (seta azul) da porta 1 da antecâmara do túnel de congelação em *batch* (A). Algumas das cortinas de plástico numa das entradas para a antecâmara do túnel de congelação em *batch* (B). Indicação das grades de plástico (seta azul), do plástico do alarme (seta laranja), de um dos tubos/canos de plástico (seta rosa) e de uma das luminárias (seta verde) presentes na antecâmara do túnel de congelação em *batch* (C).

4.3. Conclusão das etapas de implementação da IFS *Food*

A IFS *Food* é uma norma para auditoria aos produtores relativamente à segurança e à qualidade de produtos e processos alimentares. Contudo, a oportunidade de colaborar na implementação desta certificação só surgiu na parte final do estágio e, deste modo, não foi possível aprender muito detalhadamente sobre o que consiste a IFS *Food*. Porém, foi possível colaborar na sistematização da informação de fichas técnicas, de forma a fornecer à empresa uma sistematização de todas as informações das fichas técnicas de todos os produtos produzidos e/ou comercializados, incluindo se as fichas técnicas são as mais atuais ou não. Também foi possível colaborar no levantamento de materiais quebradiços existentes em todos os setores da empresa que estejam em contacto com os alimentos, algo que é necessário para a realização de uma análise de riscos inerentes aos produtos.

5. Desenvolvimento de produtos de salsicharia: estudo preliminar

5.1. Materiais e métodos

5.1.1. Produção de salame – Formulação 1

Para a produção do salame optou-se inicialmente por um método no qual foram necessários os seguintes ingredientes e matérias-primas: carne de novilho, suíno e bovino e gordura de suíno (matérias-primas), sal, açúcar (dextrose), pimenta preta, leite em pó, citrato de sódio (antioxidante), um composto que contém nitrito de sódio, um composto que contém o intensificador de sabor, glutamato monossódico, e um outro composto (composto Y^{**}). Este composto contém culturas de bactérias ácido-láticas, assim como outros componentes que o tornam antioxidante, mas a sua principal função é a proteção contra microrganismos, como por exemplo *Listeria*.

O processo de produção deste salame consistiu na seguinte ordem de etapas: picagem da carne, mistura das matérias-primas e dos ingredientes, maturação (numa câmara entre 4 a 7°C) até ao dia seguinte e enchimento numa tripa artificial. Para o processo de fermentação ocorrer testaram-se os seguintes procedimentos: colocação dos salames na estufa durante 8 horas a cerca de 35°C com humidade do ar relativa entre 60 e 65% e colocação dos salames na sala de enchimento durante 2 a 3 dias ($\approx 12^\circ\text{C}$ e humidade do ar relativa $\geq 90\%$). De seguida levaram-se os salames ao fumeiro durante 1 a 2 horas para o produto adquirir o sabor a fumo típico. Por fim, os salames foram colocados numa câmara denominada de Clima (10-15°C e 65-70% de humidade do ar relativa), de modo a ocorrer o processo de cura (cerca de 1 mês). O produto ficou pronto quando atingiu cerca de 30% de quebra. No entanto como vai ser explicado no tópico seguinte, este método não foi eficaz na produção de salame, pelo que foi necessário testar outro.

Para verificar se a fermentação ocorreu e se o produto atingiu a acidez característica, fez-se uma medição de pH por dia desde a mistura até ao início do processo de cura e uma vez semana até o processo de cura estar completo. O medidor utilizado foi o medidor de pH/temperatura *testo* 206-pH2.

^{**}Por questões de sigilo nas formulações dos produtos de salsicharia da empresa não foi possível indicar o nome verdadeiro do composto, pelo que se optou por designar de composto Y.

5.1.2. Produção de *chorizo* picante

De seguida à produção do salame referido, surgiu a oportunidade de desenvolver uma formulação para produção de *chorizo* picante. O desenvolvimento da formulação deste produto baseou-se em parte noutros produtos produzidos pela empresa (*chorizo* curado e salame) e também na literatura (88).

Sendo assim, para a produção do *chorizo* picante, foram necessários os seguintes ingredientes e matérias-primas: carne de suíno (matéria-prima), sal, açúcar (dextrose), leite em pó, água, um composto que contém nitrito de sódio, um composto que contém o intensificador de sabor, glutamato monossódico, e um outro composto (composto Z^{***}). Este composto contém culturas concentradas de bactérias ácido-láticas (sendo um exemplo as de *Lactobacillus*) e é usado para todo o tipo de produtos fermentados, sendo conhecido como um *starter* forte e flexível relativamente às condições do meio. Também foram adicionadas especiarias, como pimenta preta, piri-piri, massa de pimentão, entre outras, para proporcionar o sabor característico destes produtos.

O processo de produção do *chorizo* picante consistiu na seguinte ordem de etapas: picagem da carne, mistura das matérias-primas e dos ingredientes e enchimento numa tripa artificial. Para o processo de fermentação ocorrer testou-se o seguinte procedimento: colocação dos salames na sala de enchimento durante 3 a 4 dias ($\approx 12^{\circ}\text{C}$ e humidade do ar relativa $\geq 90\%$). De seguida levaram-se os produtos ao fumeiro durante cerca de 2 horas para o produto adquirir o sabor a fumo típico. Por fim, os produtos foram colocados numa câmara denominada de Clima ($10\text{-}15^{\circ}\text{C}$ e $65\text{-}70\%$ de humidade do ar relativa), de modo a ocorrer o processo de cura (cerca de 1 mês). O produto ficou pronto quando atingiu cerca de 30% de quebra.

Para verificar se a fermentação ocorreu e se o produto atingiu a acidez característica, fez-se uma medição de pH por semana até o processo de cura estar completo com o medidor de pH/temperatura *testo* 206-pH2.

***Por questões de sigilo nas formulações dos produtos de salsicharia da empresa não foi possível indicar o nome verdadeiro do composto, pelo que se optou por designar de composto Z.

5.1.3. Produção de salame – Formulação 2

Para a produção da formulação 2 de salame optou-se por um método no qual foram necessários os seguintes ingredientes e matérias-primas: carne de novilho, suíno e bovino e gordura de suíno (matérias-primas), sal, açúcar (dextrose), pimenta preta, leite em pó, citrato de sódio (antioxidante), água, um composto que contém nitrito de sódio, um composto que contém o intensificador de sabor, glutamato monossódico, e um outro composto (composto Z). Este composto contém culturas concentradas de bactérias ácido-láticas (sendo um exemplo as de *Lactobacillus*) e é usado para todo o tipo de produtos fermentados.

O processo de produção deste salame consistiu na seguinte ordem de etapas: picagem da carne, mistura das matérias-primas e dos ingredientes e enchimento numa tripa artificial. De seguida levaram-se os salames ao fumeiro durante cerca de 2 horas para o produto adquirir o sabor a fumo típico e para evitar o crescimento de bolores à superfície do salame. Para o processo de fermentação ocorrer testou-se o seguinte procedimento: colocação dos salames na sala de enchimento durante 3 a 4 dias ($\approx 12^{\circ}\text{C}$ e humidade do ar relativa $\geq 90\%$). Por fim, os salames foram colocados numa câmara denominada de Clima ($10\text{-}15^{\circ}\text{C}$ e 65-70% de humidade do ar relativa), de modo a ocorrer o processo de cura (cerca de 1 mês). O produto ficou pronto quando atingiu cerca de 30% de quebra. No entanto, durante a cura foi necessário voltar a levar os salames ao fumeiro durante cerca de 2 horas porque ainda se verificou o crescimento de alguns bolores brancos à superfície.

Para verificar se a fermentação ocorreu e se o produto atingiu a acidez característica, fez-se uma medição de pH por semana até o processo de cura estar completo com o medidor de pH/temperatura *testo* 206-pH2.

5.2. Resultados e discussão

5.2.1. Salame – Formulação 1

Como já foi referido na revisão bibliográfica, o processo fermentativo em produtos de salsicharia, como o salame, é essencial de modo a diminuir o pH que, por sua vez, é importante para o desenvolvimento da acidez característica deste produto, para assegurar a estabilidade microbiológica, para melhorar a firmeza/consistência do produto, entre outros (88,92). De acordo com a literatura, este tipo de produtos deve atingir, através da fermentação, valores de pH inferiores a 5,2 em cerca de 48 horas (88). Na Tabela 26 encontram-se os vários registos de pH desde a mistura de todos os ingredientes e matérias-

primas da formulação 1 de salame até ao final do processo de cura. Encontram-se também as várias etapas de processamento e as respetivas datas de realização.

Tabela 26 – Variação do pH do salame (formulação 1) durante todas as etapas de processamento.

Data	Etapas de processamento	pH
21-02-2017	Após picagem da carne	5,60 – 5,70
22-02-2017	Antes da estufa	5,60 – 5,70
22-02-2017	Depois da estufa	5,64
23-02-2017	Após 1 dia na sala de enchimento (salsicharia)*	5,69
24-02-2017	Após 2 horas no fumeiro	5,71
03-03-2017	Após 1 semana de cura	5,45
09-03-2017	Após 2 semanas de cura	5,35
16-03-2017	Após 3 semanas de cura	5,13
23-03-2017	Após 4 semanas de cura	5,11

*Humidade relativa do ar $\geq 90\%$

Como se verifica na Tabela 26, o pH demorou cerca de 3 semanas desde o possível início da fermentação (22 de fevereiro de 2017, dia em que os salames foram colocados na estufa) a atingir valores inferiores a 5,2. Segundo a literatura esta diminuição de pH deve ocorrer, preferencialmente, em cerca de 48 horas depois do início da fermentação (88). Esta diminuição lenta do pH deveu-se ao facto de as condições ambientais não terem sido as melhores para o processo de fermentação ocorrer. A utilização de um composto (composto Y) que apesar de ter culturas de bactérias ácido-láticas, responsáveis pela fermentação, tem como principal função a proteção contra microrganismos, como por exemplo contra *Listeria*, pode não ser o composto ideal para ocorrer o processo fermentativo. Isto porque pode não ter uma quantidade suficiente de culturas para que a fermentação ocorra no tempo devido, o que retarda a formação de ácido láctico e, conseqüentemente, a diminuição do pH. No caso da produção deste salame, e como tentativa de fazer com que o processo de fermentação ocorresse, colocaram-se os salames na estufa durante 8 horas (durante o dia de trabalho), já que é um ambiente em que pode haver controlo da temperatura e da humidade relativa do ar. No entanto, de acordo com os registos de temperatura/humidade relativa do *Data Logger velleman* DEM105 que foi colocado na estufa, a temperatura encontrou-se entre 30 e 35°C

(temperatura elevada que deveria acelerar o processo de fermentação), mas a humidade relativa do ar não esteve muito elevada (cerca de 60%). Ou seja, as condições de humidade não foram as ideais. O *Data Logger* foi colocado na estufa durante 30 minutos a meio do dia. Ao fim deste dia de trabalho e durante o seguinte, resolveu-se colocar os salames na sala de enchimento, já que apresenta humidade relativa do ar muito elevada (superior a 90%). Contudo a temperatura é baixa, rondando os 12 °C, o que poderá ter retardado o processo de fermentação (2,88). Deste modo, o processo fermentativo não foi realizado nas condições ideais, pelo que o pH demorou mais tempo a atingir valores inferiores a 5,2.

A cor do salame também foi avaliada durante o processo de cura. Na Figura 33 encontram-se fotografias da cor no primeiro dia de cura (Figura 33A) e no último dia de cura (Figura 33B). Como se pode observar na Figura 33B, o salame ficou com cor castanha no final do processo de cura, cor esta que não é normal neste tipo de produto.



Figura 33 – Cor do salame (formulação 1) no início do processo de cura (A) e no fim do processo de cura (B).

O surgimento desta cor pode dever-se a vários fatores, como o facto da superfície do produto se apresentar com muita humidade ou com humidade distribuída de forma irregular, o que levou a uma absorção desigual de fumo na superfície do produto, causando o aparecimento de uma cor castanha (88). A presença de algumas bactérias lácticas heterofermentativas pode tanto levar à descoloração como ao escurecimento (cor castanha) do salame, devido à libertação de produtos secundários de fermentação, como o peróxido de hidrogénio na massa (92,93,94). Neste caso, vai ocorrer a oxidação da mioglobina, originando metamioglobina, que apresenta uma cor castanha (2).

Assim, como se pode concluir este não foi o melhor processo para produzir o salame. Foi então necessário alterar tanto a formulação como o método de produção.

5.2.2. *Chorizo* picante

Da mesma forma que no caso do salame, também é importante que ocorra a diminuição do pH no *chorizo* picante. Neste caso, para o processo de fermentação ocorrer, foi adicionado ao produto o composto Z que contém culturas concentradas de bactérias ácido-láticas (por exemplo de *Lactobacillus*, que entre outras funções provocam uma acidificação moderada a forte dos produtos). Para além disso, os produtos foram colocados na sala de enchimento (Figura 34A) com humidade relativa do ar muito elevada (superior a 90%), apesar da temperatura ser baixa (cerca de 12 °C).



Figura 34 – *Chorizo* picante na sala de enchimento (A); crescimento de bolores brancos à superfície do produto durante o processo de cura (B); *Chorizo* picante no fim do processo de cura (C).

Na Tabela 27 encontram-se os vários registos de pH desde a mistura de todos os ingredientes e matérias-primas do *chorizo* picante até ao final do processo de cura. Encontram-se também as várias etapas de processamento e as respetivas datas de realização.

Tabela 27 – Variação do pH do *chorizo* picante durante todas as etapas de processamento.

Data	Etapas de processamento	pH
09-03-2017	Fabrico (mistura e enchimento)	-----
13-03-2017	Depois de 3 dias na sala de enchimento* e de 2 horas no fumeiro	5,25
16-03-2017	Durante a cura	4,93
23-03-2017	Durante a cura	4,87

*Humidade relativa do ar \geq 90%

De acordo com os resultados da Tabela 27, constatou-se que após 3 dias do possível início da fermentação (após 3 dias na sala de enchimento) e depois de ir ao fumeiro, o pH do chorizo picante já tinha atingido a marca de aproximadamente 5,2-5,3. Comparativamente com o salame referido anteriormente, já se conseguiu obter um melhor processo de fermentação que permitiu uma descida do valor de pH num tempo mais próximo ao referido na literatura (88). Ainda assim, a diminuição do pH para valores inferiores a 5,2 demorou mais do que 48 horas (cerca de 3 ou 4 dias) desde o início da fermentação (valor sugerido na literatura). Isto pode ter-se devido à temperatura baixa da sala de enchimento que pode ter retardado o processo fermentativo (2,88).

Por outro lado, durante o processo de cura do *chorizo* picante foi possível observar-se o crescimento de bolores brancos (possivelmente *Penicilium*) à superfície do produto (Figura 34B) (88). Os bolores brancos presentes à superfície destes produtos podem proteger o produto contra o impacto do oxigénio, evitando o desenvolvimento de rancidez e estabilizando a cor do produto. Estes bolores também ajudam no desenvolvimento do sabor típico destes produtos de salsicharia, já que contêm enzimas, como proteases e lipases, que podem quebrar proteínas e lípidos em aminoácidos e ácidos gordos, respetivamente. A cor dos bolores deve ser branca e não deve haver formação de bolores verdes ou pretos. Ainda assim, nos casos do *chorizo* picante e também do salame, não é característica a existência de bolores brancos à superfície, pelo que foi necessário arranjar uma solução para evitar o seu crescimento. Primeiramente, no caso do *chorizo* picante, e como já tinha bolores desenvolvidos, procedeu-se simplesmente à lavagem do produto com água de forma a retirar os bolores (Figura 34C). Ainda assim, para evitar o crescimento de mais bolores futuramente, poderia voltar a levar-se os produtos ao fumeiro, para secar a superfície, ou então sujeitar a tripa a um banho de natamicina, por exemplo (95). Em suma, e apesar de ainda precisar de certos ajustes, o método de produção do *chorizo* picante já foi relativamente eficaz.

5.2.3. Salame – Formulação 2

O processo de produção da formulação 2 de salame foi muito semelhante ao do *chorizo* picante, com algumas exceções ao nível de especiarias adicionadas e na ordem de 2 etapas. Para o processo de fermentação ocorrer, de modo a ocorrer a diminuição do pH, foi utilizado um método semelhante ao do *chorizo* picante, ou seja, foi adicionado ao produto o composto

Z que contém culturas concentradas de bactérias ácido-láticas. Para além disso, os produtos foram colocados também na sala de enchimento (Figura 35A) com humidade relativa do ar muito elevada (superior a 90%), apesar da temperatura ser baixa (cerca de 12 °C).



Figura 35 – Salame na sala de enchimento (A); crescimento de bolores brancos à superfície do produto durante o processo de cura (B); Salame no fim do processo de cura (C).

No entanto, ao contrário do que aconteceu com o *chorizo* picante, estes salames foram ao fumeiro antes ou no início do processo fermentativo (antes de serem colocados na sala de enchimento). Isto justifica-se por ser uma tentativa de secar mais a superfície do produto para evitar o crescimento de bolores antes de ele ser colocado em ambientes com elevados/moderados níveis de humidade do ar (nomeadamente, na sala de enchimento e na câmara denominada de Clima, onde ocorre a cura). Ainda assim, durante o processo de cura, verificou-se o crescimento de bolores brancos à superfície dos salames (Figura 35B). Devido a tal, os salames voltaram a ser colocados no fumeiro durante cerca de 2 horas para secar mais a superfície, depois de serem lavados com água para serem retirados os bolores brancos. No final da cura, ou seja, após 3 semanas da segunda passagem pelo fumeiro, o produto final já não continha bolores à superfície (Figura 35C).

Na Tabela 28 encontram-se os vários registos de pH desde a mistura de todos os ingredientes e matérias-primas da formulação 2 de salame até ao final do processo de cura. Encontram-se também as várias etapas de processamento e as respetivas datas de realização.

Tabela 28 – Variação do pH do salame (formulação 2) durante todas as etapas de processamento.

Data	Etapas de processamento	pH
30-03-2017	Após picagem e mistura da carne	5,95
03-04-2017	Após 2 horas no fumeiro e 3 dias na sala de enchimento*	5,10-5,15
06-04-2017	Após 1 semana de cura e antes de ir novamente ao fumeiro	4,97
13-04-2017	Após 2 semanas de cura	4,80
21-04-2017	Após 3 semanas de cura	4,89
27-04-2017	Após 4 semanas de cura	4,82

*Humidade relativa do ar $\geq 90\%$

De acordo com os resultados da Tabela 28, constatou-se que após 3 dias (03-04-2017) do possível início da fermentação, o pH do salame já era inferior a 5,2 (ou seja, 5,10-5,15). Comparativamente com os produtos referidos anteriormente, já se conseguiu obter um melhor processo de fermentação que permitiu uma descida do valor de pH num tempo mais próximo ao referido na literatura (88). Ainda assim, a diminuição do pH para valores inferiores a 5,2 pode ter demorado mais do que 48 horas (valor sugerido na literatura), isto é, cerca de 3 dias, desde o início da fermentação. Isto pode ter-se devido à temperatura baixa da sala de enchimento que pode ter retardado o processo fermentativo (2,88). A ligeira subida detetada nos registos dos valores de pH da segunda para a terceira semana de cura, ou seja, de 4,80 para 4,89, não teve grande importância, já que pode ter-se devido a medições de pH em diferentes locais do salame. Em suma, e apesar de ainda poderem ser necessários certos ajustes, o método de produção do salame já foi relativamente eficaz.

5.3. Conclusão dos estudos de desenvolvimento de produtos

Em conclusão, os métodos de produção do *chorizo* picante e do salame (formulação 2) já foram bastantes eficazes. Com a utilização do composto Z já foi possível obter uma diminuição do pH em tempos aproximados aos referidos na literatura. O crescimento de bolores à superfície também foi resolvido com a segunda passagem dos produtos, neste caso dos salames, pelo fumeiro. Deste modo, concluiu-se que os dois problemas iniciais, ou seja, a necessidade de alteração da formulação e, consequentemente do procedimento, para a produção de salames e o desenvolvimento completo da formulação e do procedimento para a produção de *chorizo* picante, foram praticamente resolvidos.

6. Análise sensorial: estudo preliminar

6.1. Materiais e métodos

Para o *chorizo* picante e para a segunda formulação de salame foram realizados dois tipos de testes de análise sensorial: um afetivo, destinado ao consumidor e também ao painel interno (empresa) para termos de comparação, e outro descritivo, destinado ao painel interno (empresa). A ficha de prova do teste sensorial afetivo (Anexo III) consistiu na classificação de 1 (“Detesto”) a 5 (“Gosto Muito”) de 4 características do produto (cor, odor, sabor e textura) e de uma apreciação global. Já as fichas descritivas (Anexos IV e V) foram necessárias de modo à empresa obter informações mais detalhadas sobre o produto, podendo somente ser entregue a um painel com mais conhecimentos sobre o tipo de produto produzido (neste caso, um painel interno da empresa).

Os consumidores que realizaram os testes sensoriais afetivos do salame e do *chorizo* picante foram divididos em dois grupos: jovens adultos e adultos. No entanto, um painel interno da empresa também realizou estes testes. Na Tabela 29 encontram-se as informações relativas ao número de provadores dos testes sensoriais afetivos, as respetivas idades e a divisão por grupos por produto.

Tabela 29 – Intervalo de idades e número de elementos dos grupos de provadores por produto.

	Grupo	Intervalo de idades	Nº de provadores
<i>Chorizo</i> picante	Jovens adultos	[20; 25]	22
	Adultos	[42; 54]	11
	Painel interno	[26; 59]	10
Salame – Formulação 2	Jovens adultos	[20; 25]	18
	Adultos	[27; 65]	17
	Painel interno	[26; 59]	12

Os grupos dos jovens adultos eram constituídos por indivíduos dos géneros feminino e masculino, todos estudantes universitários de cursos na área das Ciências. Neste caso, a análise sensorial foi realizada em conjunto na Universidade de Aveiro. Os grupos dos adultos eram constituídos por indivíduos dos géneros feminino e masculino, uns com curso superior e outros sem, sendo a análise sensorial realizada em casa para todos os provadores do *chorizo*

picante e para 15 provadores do salame. Os restantes 2 provadores do salame realizaram o teste sensorial na Universidade de Aveiro. Os painéis internos eram constituídos por indivíduos dos géneros feminino e masculino, todos trabalhadores na empresa Irmãos Monteiro, S.A.. Alguns eram funcionários do setor de produção de salsicharia e cozinha industrial, enquanto que outros elementos eram Engenheiros Alimentares das áreas de Inovação e Desenvolvimento, Qualidade e Segurança Alimentar e Produção. Alguns funcionários do setor de Vendas e *Marketing* também participaram no teste afetivo do *chorizo* picante, mas já não participaram no do salame, uma vez que não foi possível encontrá-los na empresa. No caso do salame também participaram mais elementos no teste sensorial afetivo (funcionários da produção) do que no caso do *chorizo* picante. As provas foram realizadas na empresa, nos respetivos setores.

Para os testes sensoriais descritivos, foi necessário responder a duas fichas de prova descritivas (uma para cada produto). Estas fichas foram destinadas a painéis internos da empresa Irmãos Monteiro, S.A., constituídos pelos mesmos elementos dos painéis internos dos testes afetivos, com exceção dos funcionários dos setores de Vendas e *Marketing*, no caso do *chorizo* picante, e com exceção de alguns funcionários da produção, no caso do salame. Estes testes sensoriais também foram realizados na empresa, nos respetivos setores.

6.2. Resultados e discussão

Nesta secção encontra-se a comparação de resultados do teste sensorial afetivo entre os três grupos. No Anexo VI, encontram-se os gráficos com as percentagens de cada resposta (escala de 1 a 5) para as características (cor, odor, sabor e textura) e apreciação global do *chorizo* picante (Figuras C1, C2 e C3) e do salame (Figuras C4, C5 e C6). No Anexo VII, encontram-se as respostas aos testes sensoriais descritivos (Tabelas D1 e D2 e Figuras D1 a D5 para o *chorizo* picante e Tabelas D3 e D4 e Figuras D6 a D10 para o salame – Formulação 2). É de salientar que, devido à inexistência de painéis de provadores treinados, os testes descritivos foram destinados a painéis internos da empresa, já que, devido à experiência profissional, os seus elementos apresentam bons conhecimentos sobre estes produtos.

6.2.1. *Chorizo* picante

Seguidamente apresentam-se os resultados do teste sensorial afetivo de *chorizo* picante realizado aos três grupos de provadores. Na Tabela 30 e no gráfico radar da Figura 36

encontram-se as médias das respostas dos três grupos por característica e da apreciação global do produto. Na Tabela 30 é possível observar também os desvios-padrão.

Tabela 30 - Médias das respostas dos três grupos de provadores por característica do produto (*chorizo picante*) e para a apreciação global e os respectivos desvios-padrão.

	Cor	Odor	Sabor	Textura	Apreciação Global
Jovens adultos	4,68±0,57	4,57±0,67	4,27±0,63	4,23±0,61	4,41±0,50
Adultos	4,18±0,75	4,18±0,60	3,91±0,83	4,09±0,83	4,27±0,47
Painel interno	4,10±0,57	4,40±0,52	4,30±0,82	4,10±0,57	4,20±0,42

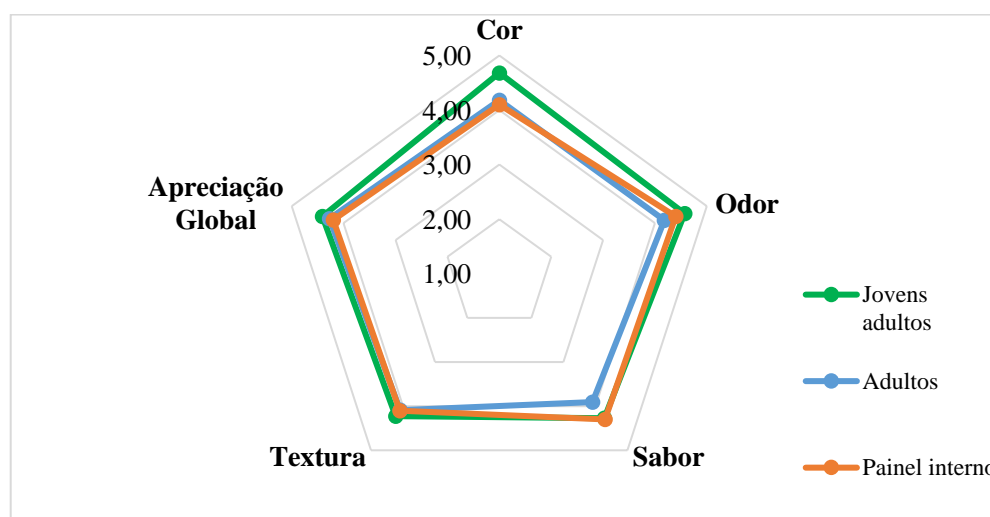


Figura 36 – Médias das respostas dos três grupos de provadores por característica do produto e para a apreciação global.

De acordo com os resultados da Tabela 30 e da Figura 36 constatou-se que para todas as características (cor, odor, sabor e textura) todos grupos deram respostas que variaram entre os valores 3, 4 e 5 da escala do teste, com exceção do odor no grupo do painel interno que só variou entre 4 e 5 (Tabela 30 e Figuras C1, C2 e C3 do Anexo VI). Relativamente à apreciação global do produto, as respostas entre os diferentes grupos variaram entre os valores 4 e 5 na escala do teste (Tabela 30 e Figuras C1, C2 e C3 do Anexo VI). Ainda assim, como foi possível constatar nos gráficos da apreciação global das Figuras C1, C2 e C3 do Anexo VI, a percentagem de respostas com o valor 4 foi sempre superior (59,1% para os jovens adultos, 72,7% para os adultos e 80,0% para o painel interno) do que a percentagem

de respostas com o valor 5 (40,9% para os jovens adultos, 27,3% para os adultos e 20,0% para o painel interno).

Quanto aos comentários dos provadores dos diferentes grupos relativamente ao produto, estes foram positivos. No entanto, houve apenas uma crítica geral no que respeita à desigualdade na distribuição do sabor picante pelo produto, já que umas fatias de *chorizo* picante tinham mais sabor a picante que outras.

6.2.2. Salame – Formulação 2

Seguidamente apresentam-se os resultados do teste sensorial afetivo da formulação 2 de salame realizado aos três grupos de provadores. Na Tabela 31 e no gráfico radar da Figura 37 encontram-se as médias de respostas dos três grupos por característica e da apreciação global do produto. Na Tabela 31 é possível observar também os desvios-padrão.

Tabela 31 - Médias das respostas dos três grupos de provadores por característica do produto (salame) e para a apreciação global e os respetivos desvios-padrão.

	Cor	Odor	Sabor	Textura	Apreciação Global
Jovens adultos	3,33±0,84	4,00±0,69	3,67±0,91	3,39±0,98	3,56±0,78
Adultos	4,00±0,71	4,18±0,73	3,71±0,59	3,94±0,75	4,06±0,66
Painel interno	3,83±0,72	4,00±0,85	3,83±0,94	3,92±0,67	3,83±0,72

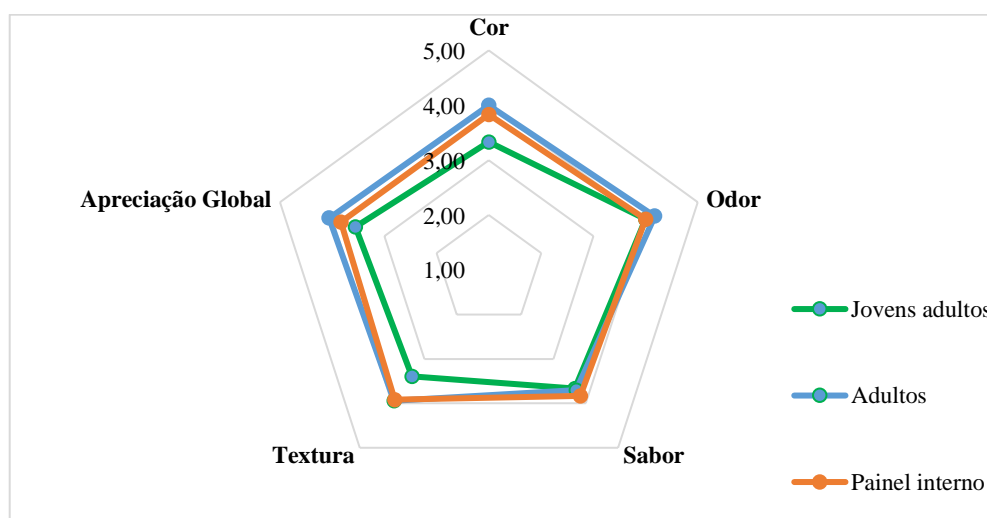


Figura 37 – Médias das respostas dos três grupos de provadores por característica do produto e para a apreciação global.

Através da análise dos resultados da Tabela 31 e da Figura 37 verificou-se que para todas as características (cor, odor, sabor e textura) os grupos dos jovens adultos e do painel interno deram respostas que variaram entre os valores 2, 3, 4 e 5 da escala do teste, com exceção da textura no grupo do painel interno que variou entre 2, 4 e 5 (Tabela 31 e Figuras C4, C5 e C6 do Anexo VI). Já o grupo dos adultos atribuiu valores de resposta que variaram entre 3, 4 e 5 para todas as características. Relativamente à apreciação global do produto, as respostas entre os diferentes grupos variaram entre os valores 2, 3, 4 e 5 para os jovens adultos e painel interno (Tabela 31 e Figuras C4 e C6 do Anexo VI) e entre 3, 4 e 5 na escala do teste para os adultos (Tabela 31 e Figuras C5 do Anexo VI). Ainda assim, como foi possível constatar nos gráficos da apreciação global das Figuras C4, C5 e C6 do Anexo VI, a percentagem de respostas com o valor 4 foi sempre superior (55,6% para os jovens adultos, 58,8% para os adultos e 75,0% para o painel interno) às restantes. Os comentários dos provadores dos diferentes grupos relativamente ao produto foram praticamente uniformes, visto que quase todos os provadores, que escreveram um comentário, disseram que o salame apresentava gordura em excesso.

6.3. Conclusão dos estudos de análise sensorial

Em suma, através da análise dos resultados constatou-se que o *chorizo* picante apresentou comentários e uma avaliação bastante positiva por parte dos consumidores (jovens adultos e adultos) e painel interno. Ainda assim, e de acordo com os comentários é necessário uniformizar o sabor picante por todo o produto.

Já relativamente à formulação 2 do salame, esta já não teve uma avaliação e uns comentários tão positivos como o *chorizo* picante, visto que o produto apresentava muita gordura. Assim, é necessário, futuramente, alterar novamente a formulação para corrigir este excesso de gordura no salame.

7. Conclusão global

Para a realização da minha Dissertação de Mestrado em Bioquímica, no ramo de Bioquímica Alimentar, surgiu a oportunidade de estagiar na empresa Irmãos Monteiro, S.A.. Durante os 7 meses de estágio curricular nesta empresa, o meu tema principal de Dissertação foi o “Acompanhamento de processos de congelação e ultracongelação de produtos cárnicos”, de forma a determinar os tempos de ultracongelação de vários produtos, ou seja, o tempo que os produtos demoram a atingir temperaturas de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou inferiores. Os tempos de ultracongelação foram afetados por diversos fatores, dependendo do tipo de túnel. Entre eles encontram-se, por exemplo, o estado do túnel de congelação em *batch* (vazio, meia carga ou cheio), sendo que os tempos de ultracongelação foram mais longos quando o túnel estava cheio. A constante abertura das portas da antecâmara deste túnel durante os dias de trabalho (dias úteis) também retardou os processos de ultracongelação de produtos, como os *trimmings* de novilho. A temperatura do ar do túnel contínuo (no caso dos hambúrgueres de porco) também influenciou a ultracongelação, sendo que tem que ser inferior a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ para os hambúrgueres atingirem as temperaturas de ultracongelação em 5 minutos. Outro fator que afetou a ultracongelação foi o tempo de permanência dos hambúrgueres de frango no túnel de congelação com tapete em espiral. Isto porque estes produtos sofrem uma cozedura prévia e, assim, seria necessário que os hambúrgueres estivessem neste túnel cerca de 70 minutos para atingirem os $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou temperaturas inferiores. Contudo, esta situação não é viável para a empresa, sendo necessário transportar os hambúrgueres de frango para o túnel de congelação em *batch* para ser terminado o processo de ultracongelação.

Nos últimos meses do estágio curricular foi também possível colaborar no início da implementação da certificação IFS *Food* na empresa Irmãos Monteiro, S.A. e no desenvolvimento de produtos de salsicharia, seguida da realização de testes de análise sensorial. A colaboração na parte de inovação e desenvolvimento permitiu a obtenção de formulações e de processos de produção relativamente eficazes para o salame e para o *chorizo* picante, sendo necessários apenas alguns ajustes futuros.

8. Referências bibliográficas

1. Năstase G, Perez P, Șerban A, Dobrovicescu A, Ștefănescu M, Rubinsky B. Advantages of isochoric freezing for food preservation: a preliminary analysis. *International Communications in Heat and Mass Transfer*. 2016. 78: 95–100.
2. Simpson B, Nollet L, Toldrá F, Benjakul S, Paliyath G, Hui Y. *Food Biochemistry and Food Processing*. Second edition. Wiley-Black Well. 2012.
3. Devlieghere F, Vermeiren L, Debevere J. New preservation technologies: Possibilities and limitations. *International Dairy Journal*. 2004. 14: 273–285.
4. Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Abril de 2004. Regulamento (CE) n°852/2004 de 29 de Abril de 2004. *Jornal Oficial da União Europeia*. 2004. 1–25.
5. Jiang J, Xiong Y. Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: A review. *Meat Science*. 2016. 120: 107–117.
6. McAfee A, McSorley E, Cuskelly G, Moss B, Wallace J, Bonham M, Fearon A. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat Science*. 2010. 84: 1–13.
7. Food and Agriculture Organization. Food Outlook: Biannual report on global food markets. 2014 [cited 2016 November 2]. 52–57. Available from: <http://www.fao.org/3/a-i4136e.pdf>.
8. Mathews K. Livestock, dairy, and poultry outlook. 2014 [cited 2016 November 2]. 20–24. Available from: <https://www.ers.usda.gov/publications/ldpm-livestock,-dairy,-and-poultry-outlook.aspx>.
9. *Codex Alimentarius* Commission/Recommended Code of Practice. *Codex Alimentarius* - Code of hygienic practice for meat. FAO/WHO, editor. 2005.
10. Clonan, A, Roberts, K, Holdsworth M. Socioeconomic and demographic drivers of red and processed meat consumption: implications for health and environmental sustainability. *Proceedings of The Nutrition Society*. 2016. 75: 367–373.
11. Girmth-Diamba C. Crú e cozinhado - Alterações na estrutura das proteínas modificam cor da carne cozinhada. *The Association of Danish Biologists*. 2007. 1: 1–4.
12. Lana A, Zolla L. Proteolysis in meat tenderization from the point of view of each single protein: A proteomic perspective. *Journal of Proteomics*. 2015. 147: 85–97.
13. Vaclavik V, Christian E. *Instructor's Manual for Essentials of Food Science*. First edition. New York: Springer Science + Business Media. 2003.
14. Frontera W, Ochala J. Skeletal muscle: a brief review of structure and function. *Calcif Tissue International*. 2015. 96: 183–195.
15. Silva A, Araújo D, Silva I, Leide S. Sistema muscular. [Internet]. *Anatomia Unieuro*. [cited 2017 January 26]. Available from: http://anatomiaunieuro.blogspot.pt/2013_09_01_archive.html.
16. Ottenheijm C, Granzier H. Lifting the nebula: novel insights into skeletal muscle contractility. *Physiology*. 2010. 25: 304–310.
17. Decker E, Park Y. Healthier meat products as functional foods. *Meat Science*. 2010. 86: 49–55.
18. National Health and Medical Research Council. Nutrient Reference Values for Australia and New Zealand. Department of Health and Ageing. 2006 [cited December 2, 2016]. Available from: https://www.nhmrc.gov.au/_files_nhmrc/publications/attachments/n35.pdf
19. Jiménez-Colmenero F, Carballo J, Cofrades S. Healthier meat and meat products: Their role as functional foods. *Meat Science*. 2001. 59: 5–13.
20. Millward D, Garnett T. Plenary Lecture 3: Food and the planet: nutritional dilemmas of greenhouse gas emission reductions through reduced intakes of meat and dairy foods. *Proceedings of The Nutrition Society*. 2010. 69: 103–118.
21. World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research. *Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective*. First edition. American Institute for Cancer Research. 2007.
22. Casaburi A, Martino V, Ercolini D, Parente E, Villani F. Antimicrobial activity of *Myrtus communis* L. water-ethanol extract against meat spoilage strains of *Brochothrix thermosphacta* and *Pseudomonas fragi* *in vitro* and in meat. *Annals of Microbiology*. 2014. 65: 841–850.
23. Aymerich T, Picouet P, Monfort J. Decontamination technologies for meat products. *Meat Science*. 2008. 78: 114–129.
24. Sánchez-Ortega I, García-Almendárez B, Santos-López E, Amaro-Reyes A, Barboza-Corona J, Regalado C. Antimicrobial Edible Films and Coatings for Meat and Meat Products Preservation. *The Scientific World Journal*. 2014. 2014: 1–18.

25. European Food Safety Authority. Food-borne zoonotic diseases. [Internet]. European Food Safety Authority. [cited 2016 November 7]. Available from: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/foodbornezoonoticdiseases>.
26. Centers for Disease Control and Prevention. Food Safety. [Internet]. United States Department of Health & Human Services. [cited 2016 December 3]. Available from: <http://www.cdc.gov/foodsafety/cdc-and-food-safety.html>.
27. United States Department of Agriculture. Food Safety. [Internet]. United States Department of Agriculture. [cited 2016 December 3]. Available from: <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome?navid=food-safety>.
28. Zhou G, Xu X, Liu Y. Preservation technologies for fresh meat - A review. *Meat Science*. 2010. 86: 119–28.
29. Kaale L, Eikevik T, Rustad T, Kolsaker K. Superchilling of food: A review. *Journal of Food Engineering*. 2011. 107: 141–146.
30. Stonehouse G, Evans J. The use of supercooling for fresh foods: A review. *Journal of Food Engineering*. 2015. 148: 74–79.
31. Gallart-Jornet L, Rustad T, Barat J, Fito P, Escriche I. Effect of superchilled storage on the freshness and salting behavior of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. *Food Chemistry*. 2007. 103: 1268–1281.
32. Rocha A. Conservação dos produtos ao longo do tempo - Respostas da indústria de refrigeração. *Segurança e Qualidade Alimentar*. 2008. 4: 33-35.
33. Conselho de Ministros de 16 de Maio de 1991. Decreto-Lei n.º 251/91 de 16 de Julho. *Diário da República*. 1991. 609-610.
34. Alexandre E, Brandão T, Silva C. *Frozen Food and Technology*. First edition. Scrivener Publishing LLC. 2013.
35. Estévez M, Ventanas S, Heinonen M, Puolanne E. Protein carbonylation and water-holding capacity of pork subjected to frozen storage: Effect of muscle type, premincing, and packaging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011. 59: 5435–5443.
36. Fallah A, Tajik H, Farshid A. Chemical quality, sensory attributes and ultrastructural changes of gamma-irradiated camel meat. *Journal of Muscle Foods*. 2010. 21: 597–613.
37. Fellows P. *Food Processing Technology - principles and practice*. First editon. Ellis Horwood Limited. 1992.
38. Wang L. Energy efficiency technologies for sustainable food processing. *Energy Efficiency*. 2014. 7: 791–810.
39. Erickson M, Hung Y. *Quality in Frozen Food*. First edition. Chapman & Hall. 1997.
40. Hundy G, Trott A, Welch T. *Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps*. Fifth edition. Butterworth-Heinemann. 2016.
41. Rodezno L, Sundararajan S, Solval K, Chotiko A, Li J, Zhang J, Alfaro L, Bankston J, Sathivel S. Cryogenic and air blast freezing techniques and their effect on the quality of catfish fillets. *LWT - Food Science and Technology*. 2013. 54: 377–382.
42. Rahman M. *Handbook of Food Preservation*. Second edition. CRC Press. 2007.
43. Chan J, Omana D., Betti M. Effect of ultimate pH and freezing on the biochemical properties of proteins in turkey breast meat. *Food Chemistry*. 2011. 127: 109–117.
44. Akköse A, Aktaş N. Determination of glass transition temperature of beef and effects of various cryoprotective agents on some chemical changes. *Meat Science*. 2008. 80: 875–878.
45. Jiménez F, Carballo J. *Aplicación del frío a los alimentos*. First edition. Madrid: AMV Ediciones y Mundi Prensa. 2000.
46. Leygonie C, Britz T, Hoffman L. Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. *Meat Science*. 2012. 91: 93–98.
47. Utrera M, Morcuende D, Estévez M. Temperature of frozen storage affects the nature and consequences of protein oxidation in beef patties. *Meat Science*. 2014. 96: 1250–1257.
48. Sun D. *Handbook of frozen food processing and packaging*. Second edition. CRC Press. 2012.
49. Zhang S, Farouk M, Young O, Wieliczko K, Podmore C. Functional stability of frozen normal and high pH beef. *Meat Science*. 2005. 69: 765–772.
50. Guyon C, Meynier A, Lamballerie M. Protein and lipid oxidation in meat: A review with emphasis on high-pressure treatments. *Trends in Food Science & Technology*. 2016. 50: 131–143.
51. Doulgeraki A, Ercolini D, Villani F, Nychas G. Spoilage microbiota associated to the storage of raw meat in different conditions. *International Journal of Food Microbiology*. 2012. 157: 130–141.

52. Mataragas M, Drosinos E, Vaidanis A, Metaxopoulos I. Development of a Predictive Model for Spoilage of Cooked Cured Meat Products and Its Validation Under Constant and Dynamic Temperature Storage Conditions. *Journal of Food Science*. 2006. 71: 157–167.
53. Hill D, Forbes L, Gajadhar A, Gamble H. Viability and infectivity of *Trichinella spiralis* muscle larvae in frozen horse tissue. 2007. 146: 102–106.
54. Medina-Lerena M, Ramirez-Álvarez A, Kühne M, Gómez-Priego A, De-La-Rosa J. Influence of different processing procedures on the reproductive capacity of *Trichinella spiralis* in pork meat. *Tropical Animal Health and Production*. 2009. 41: 437–442.
55. Vieira C, Diaz M, Martínez B, García-Cachán M. Effect of frozen storage conditions (temperature and length of storage) on microbiological and sensory quality of rustic crossbred beef at different states of ageing. *Meat Science*. 2009. 83: 398–404.
56. Kikugawa K, Kato T, Hayasaka A. Formation of Dityrosine and Other Fluorescent Amino Acids by Reaction of Amino Acids with Lipid Hydroperoxides. *Lipids*. 1991. 26: 922–929.
57. Sohaib M, Butt M, Anjum F, Khan M, Shahid M. Augmentation of oxidative stability, descriptive sensory attributes and quality of meat nuggets from broilers by dietary quercetin and α -tocopherol regimens. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2015. 40: 373–385.
58. Shahidi F, Zhong Y. Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical Society Reviews*. 2010. 39: 4067–4079.
59. Camo J, Beltrán J, Roncalés P. Extension of the display life of lamb with an antioxidant active packaging. *Meat Science*. 2008. 80: 1086–1091.
60. Muela E, Sañudo C, Campo M, Medel I, Beltrán J. Effect of freezing method and frozen storage duration on instrumental quality of lamb throughout display. *Meat Science*. 2010. 84: 662–669.
61. Lu Y, Liang X, Jin M, Sun P, Ma H, Yuan Y, Zhou Q. Effects of dietary vitamin E on the growth performance, antioxidant status and innate immune response in juvenile yellow cat fish (*Pelteobagrus fulvidraco*). *Aquaculture*. 2016. 464: 609–617.
62. Hansen E, Juncher D, Henckel P, Karlsson A, Bertelsen G, Skibsted L. Oxidative stability of chilled pork chops following long term freeze storage. *Meat Science*. 2004. 68: 479–484.
63. Beltran E, Pla R, Capellas M, Yuste J, Mor-Mur M. Lipid oxidation and colour in pressure- and heat-treated minced chicken thighs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2004. 84: 1285–1289.
64. Baron C, Andersen H. Myoglobin-induced lipid oxidation. A review. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 2002. 50: 3887–3897.
65. Pfalzgraf A, Frigg M, Steinhart H. α -Tocopherol Contents and Lipid Oxidation in Pork Muscle and Adipose Tissue during Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1995. 43: 1339–1342.
66. Juncher D, Rønn B, Mortensen E, Henckel P, Karlsson A, Skibsted L, Bertelsen G. Effect of pre-slaughter physiological conditions on the oxidative stability of colour and lipid during chill storage of pork. *Meat Science*. 2001. 58: 347–357.
67. Stika J, Xiong Y, Suman S, Blanchard S, Moody W. Frozen storage stability of antioxidant-treated raw restructured beef steaks made from mature cows. *Meat Science*. 2007. 77: 562–569.
68. Teets A, Were L. Inhibition of lipid oxidation in refrigerated and frozen salted raw minced chicken breasts with electron beam irradiated almond skin powder. *Meat Science*. 2008. 80: 1326–1332.
69. Soyer A, Özalp B, Dalmis Ü, Bilgin V. Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. *Food Chemistry*. 2010. 120: 1025–1030.
70. Abdel-Kader Z. Lipid oxidation in chicken as affected by cooking and frozen storage. *Nahrung*. 1996. 40: 21–24.
71. Leygonie C, Britz T, Hoffman L. Oxidative stability of previously frozen ostrich *Muscularis iliofibularis* packaged under different modified atmospheric conditions. *International Journal of Food Science & Technology*. 2011. 46: 1171–1178.
72. Osawa C, Felício P, Gonçalves L. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: Métodos tradicionais, modificados e alternativos. *Química Nova*. 2005. 28: 655–663.
73. Koohmaraie M. The role of Ca^{2+} -dependent proteases (calpains) in *post mortem* proteolysis and meat tenderness. *Biochimie*. 1992. 74: 239–245.
74. Koohmaraie M. Muscle proteinases and meat aging. *Meat Science*. 1994. 36: 93–104.
75. Grayson A, King D, Shackelford S, Koohmaraie M, Wheeler T. Freezing and thawing or freezing, thawing, and aging effects on beef tenderness. *Journal of Animal Science*. 2014. 92: 2735–2740.
76. Koohmaraie M. Quantification of Ca^{2+} -dependent protease activities by hydrophobic and ion-exchange chromatography. *Journal of Animal Science*. 1990. 68: 659–665.

77. Shanks B, Wulf D, Maddock R. Technical note: The effect of freezing on Warner-Bratzler shear force values of beef longissimus steaks across several postmortem aging periods. *Journal of Animal Science*. 2002. 80: 2122–2125.
78. Howard S, Woerner D, Scanga J, Overbeke D, Mafi G, Igo J, Salman M, Tatum J, Belk K. North american beef tenderness survey 2011-2012: Benchmarking tenderness and sample shipping procedures. *Journal of Animal Science*. 2013. 91: 5981–5988.
79. Hergenreder J, Hosch J, Varnold K, Haack A, Senaratne L, Pokharel S, Beauchamp C, Lobaugh B, Calkins C. The effects of freezing and thawing rates on tenderness, sensory quality, and retail display of beef subprimals. *Journal of Animal Science*. 2013. 91: 483–490.
80. Utrera M, Morcuende D, Estévez M. Fat content has a significant impact on protein oxidation occurred during frozen storage of beef patties. *LWT - Food Science and Technology*. 2014. 56: 62–68.
81. Estévez M. Protein carbonyls in meat systems: A review. *Meat Science*. 2011. 89: 259–279.
82. Petrovic L, Grujic R, Petrovic M. Definition of the optimal freezing rate-2. *Meat Science*. 1993. 33: 319–331.
83. International Featured Standards. International Featured Standards – IFS. [Internet]. IFS Management GmbH. [cited 2017 March 28]. Available from: <https://www.ifs-certification.com/index.php/en/ifs>.
84. APCER. IFS Standards – International Featured Standard. [Internet]. APCER Portugal. [cited 2017 March 28]. Available from: <http://www.apcergroup.com/portugal/index.php/pt/certificacao/52/ifs-standards>.
85. International Featured Standards. IFS Standards. [Internet]. IFS Management GmbH. [cited 2017 March 28]. Available from: <https://www.ifs-certification.com/index.php/en/standards>.
86. International Featured Standards. IFS Food. [Internet]. IFS Management GmbH. [cited 2017 April 10]. Available from: <https://www.ifs-certification.com/index.php/en/standards/251-ifs-food-en>.
87. International Featured Standards. IFS Food. Version 6. IFS Management GmbH. 2014.
88. Feiner G. *Salami – Practical Science and Processing Technology*. First Edition. Academic Press. 2016.
89. Lawless H., Heymann H. *Sensory Evaluation of Food – Principles and Practices*. Second Edition. Springer Science + Business Media, LLC. 2010.
90. Nogueira C. *Análise sensorial de Produtos Têxteis*. Tese de Doutorado. Universidade do Minho. 2011.
91. Kilcast D. *Sensory analysis for food and beverage quality control – A practical guide*. First Edition. Woodhead Publishing Limited. 2010.
92. Mendonça S. *Embutidos fermentados*. Trabalho académico de Bacharelado. Universidade Federal de Pelotas. 2008.
93. Shelly R., Larriga J. *Productos lácteos: Tecnología*. First Edition. Ediciones UPC. 2004.
94. Borges B. *Produção do Salame e Principais Defeitos (uma revisão)*. Monografia. Universidade de Brasília. 2007.
95. Brustolin J. *Uso de Natamicina no controle do desenvolvimento de fungos em salame tipo italiano*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. 2009.

Anexo I – Restantes resultados do caso de estudo “Acompanhamento de processos de congelação e ultracongelação de produtos cárnicos”

• *Trimming*s de novilho

Tabela A1 – Indicação do peso da grade com os *trimming*s em estudo (Kg), indicação das temperaturas (°C) das amostras de *trimming*s de novilho em estudo no momento de entrada na antecâmara no túnel de congelação em *batch*, temperatura média (°C) da antecâmara do túnel durante o período de ultracongelação dos produtos, indicação do estado da antecâmara do túnel (cheio, meia carga, vazio) e data/momento do processo de ultracongelação.

Amostras	Peso (±0,005 Kg)	Temperatura (°C) do produto à entrada da antecâmara (±0,5 °C)	Temperatura média (°C) da antecâmara	Estado da antecâmara	Data
3	18,790	3,5	-19,48±4,09	Meia carga	Dias úteis
4	20,435	7,1	-23,39±2,49	Vazia	Dias úteis
5	19,080	3,9	-21,70±2,45	Vazia	Dias úteis
7	17,330	9,0	-25,81±2,09	Vazia	Fim de semana
8	17,990	10,6	-25,04±2,77	Meia carga	Fim de semana
9	19,475	7,3	-24,50±3,55	Meia carga	Fim de semana
10	18,270	9,2	-24,76±3,13	Meia carga	Fim de semana

Estudo I: efeitos do nível de capacidade da antecâmara do túnel de congelação em *batch* (cheia, meia carga ou vazia) no tempo de ultracongelação de *trimmings* de novilho

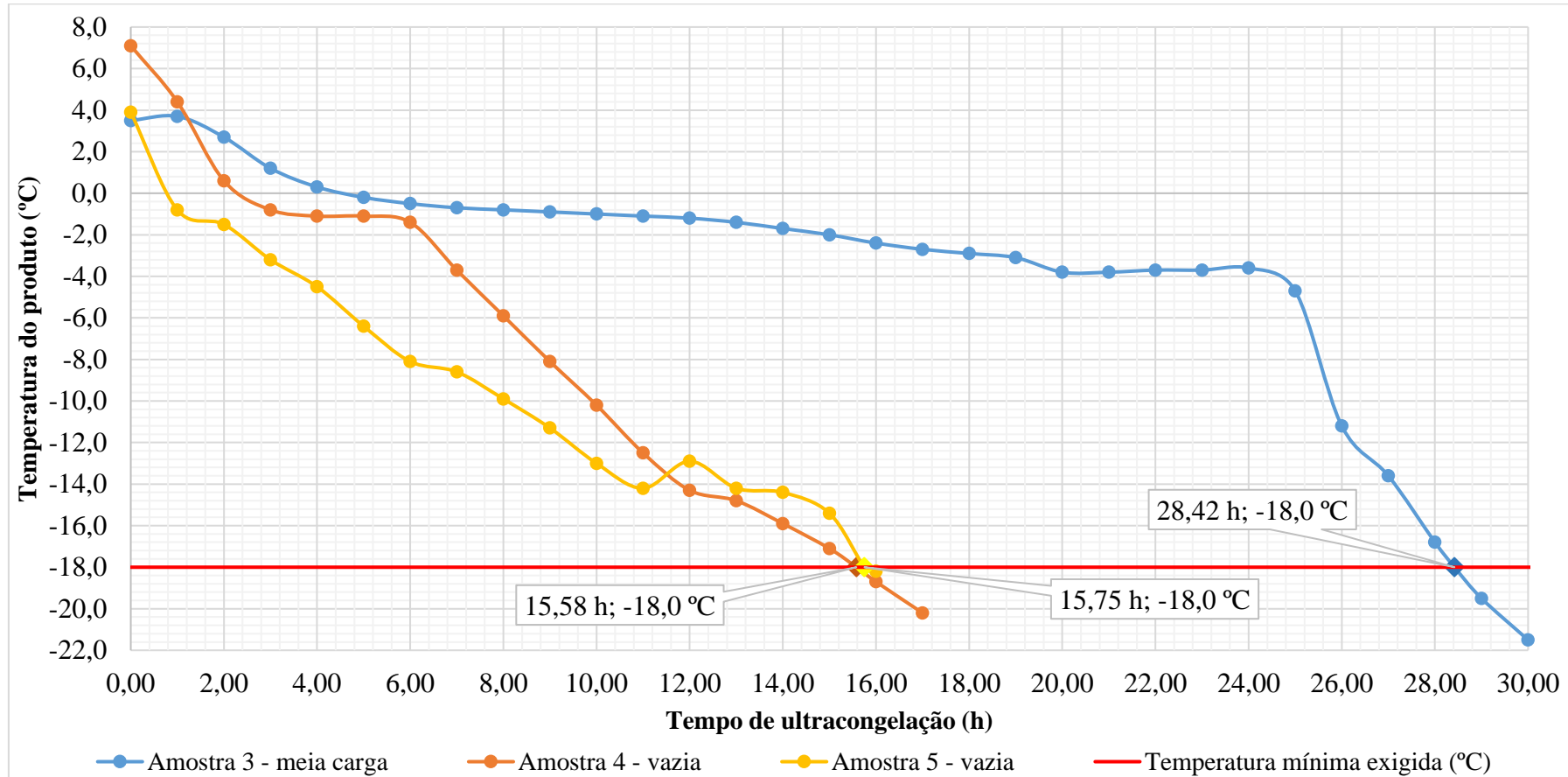


Figura A1 – Variação das temperaturas internas das amostras 3, 4 e 5 de *trimmings* de novilho durante o processo de ultracongelação na antecâmara do túnel de congelação em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha), isto é, -18,0 °C (33). Os losangos azul e laranja correspondem ao momento em que as amostras atingiram temperaturas iguais ou inferiores a -18,0 °C. A ultracongelação ocorreu em dias úteis.

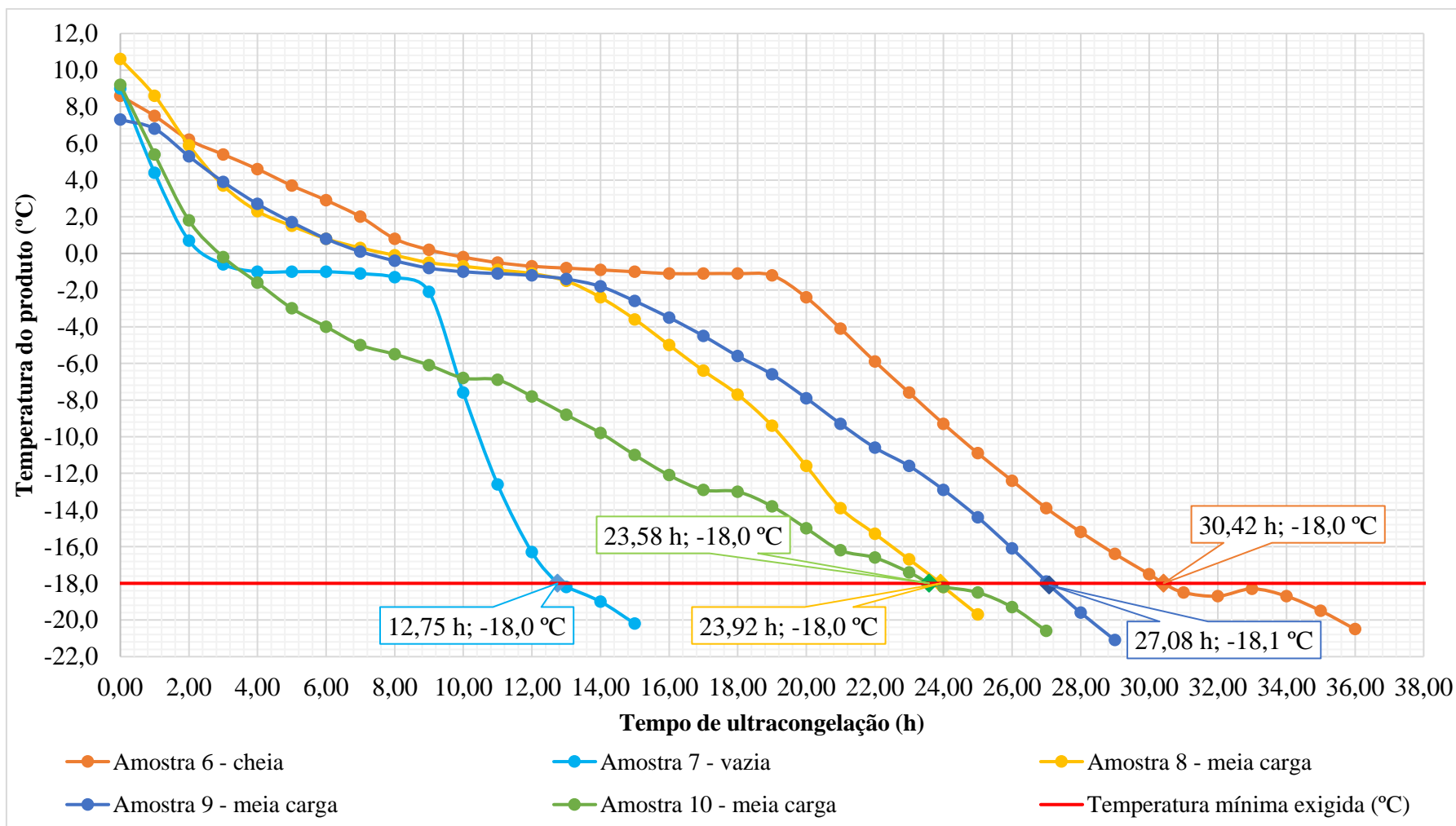


Figura A2 – Variação das temperaturas internas das amostras 6, 7, 8, 9 e 10 de *trimmings* de novilho durante o processo de ultracongelamento na antecâmara do túnel de congelação em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha), isto é, -18,0 °C (33). Os losangos azul e laranja correspondem ao momento em que as amostras atingiram temperaturas iguais ou inferiores a -18,0 °C. A ultracongelção ocorreu aos fins de semana.

Estudo II: efeitos do momento da ultracongelção (dias úteis vs. fim de semana) no tempo de ultracongelção dos *trimmings* de novilho

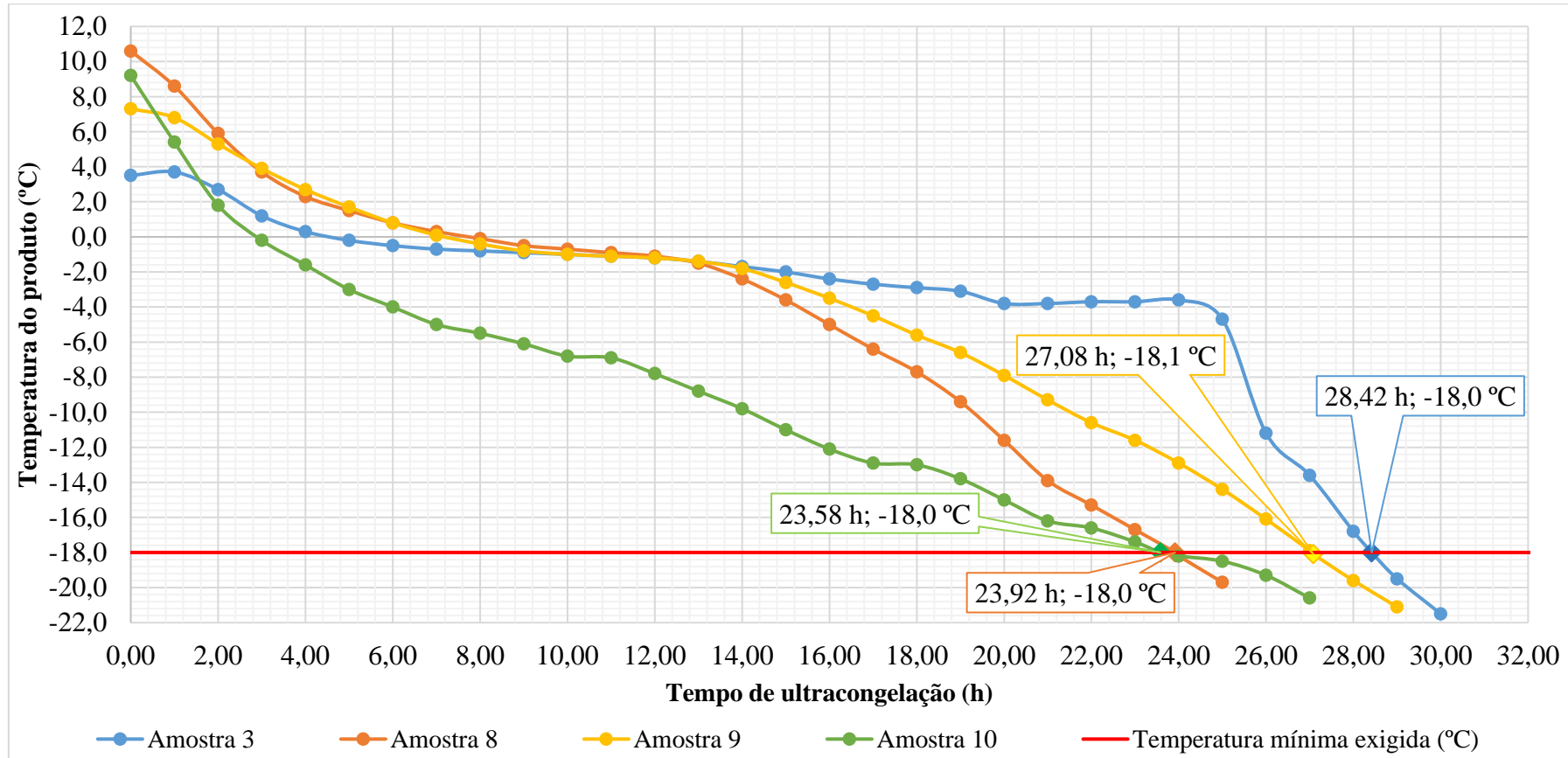


Figura A3 - Variação das temperaturas internas das amostras 3, 8, 9 e 10 de *trimmings* de novilho durante o processo de ultracongelção na antecâmara com meia carga do túnel de congelção em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha), isto é, -18,0 °C (33). O losango azul corresponde ao momento em que a amostra 3 (ultracongelada em dias úteis) atingiu as temperaturas de ultracongelção. Os losangos amarelo, laranja e verde correspondem ao momento em que as amostras 8, 9 e 10 (ultracongeladas ao fim de semana) atingiram as temperaturas de ultracongelção.

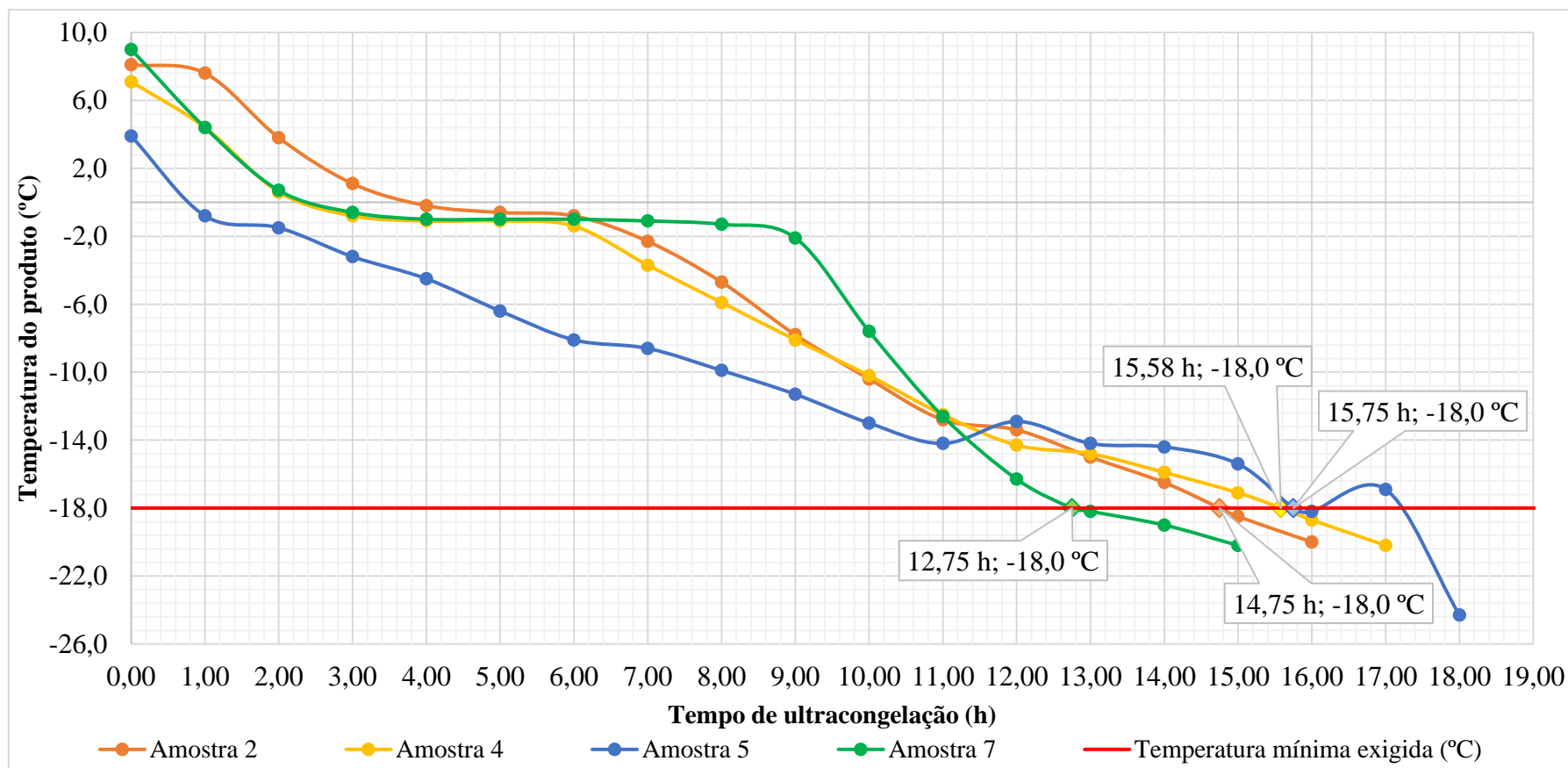


Figura A4 - Variação das temperaturas internas das amostras 2, 4, 5 e 7 de *trimmings* de novilho durante o processo de ultracongelamento na antecâmara vazia do túnel de congelação em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha), isto é, -18,0 °C (33). Os losangos laranja, amarelo e verde correspondem ao momento em que as amostras 2, 4 e 5 (ultracongeladas em dias úteis) atingiram as temperaturas de ultracongelamento. O losango azul corresponde ao momento em que a amostra 7 (ultracongelada ao fim de semana) atingiu as temperaturas de ultracongelamento.

Perna coxa de frango

Tabela A2 – Indicação do peso, em quilogramas, das amostras de perna coxa de frango em estudo, das temperaturas (°C) das amostras no momento de entrada no túnel de congelação em *batch*, da temperatura média (°C) do túnel durante o período de ultracongelação dos produtos, do estado do túnel (cheio, meia carga, vazio) e do momento da realização.

Amostras	Peso das amostras (±0,005 Kg)	Temperatura do produto à entrada do túnel (±0,5 °C)	Temperatura média (°C) do túnel	Estado do túnel	Data
3	0,315	4,6	-27,93±2,12	Cheio	Dias úteis
4	0,305	5,5	-26,69±3,47	Meia carga	Dias úteis
5	0,325	5,8	-26,66±2,74	Meia carga	Dias úteis

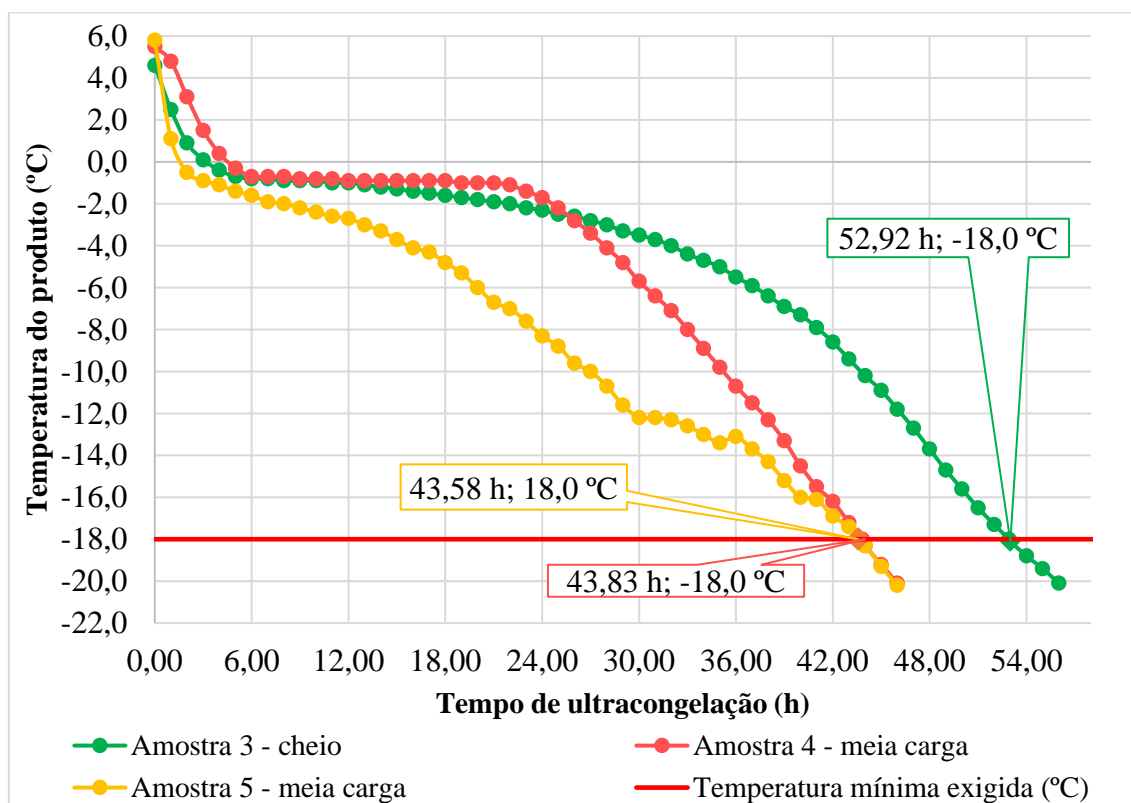


Figura A5 – Variação das temperaturas internas das amostras 3, 4 e 5 de perna coxa de frango embaladas em caixa de cartão durante o processo de ultracongelação no túnel de congelação em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha), isto é, -18,0 °C (33). Os losangos laranja, rosa e verde correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C.

- **Bifes de frango: Estudo I**

Tabela A3 – Indicação das temperaturas médias internas de bifes de frango antes de entrar no túnel de congelação contínuo.

	Temperatura interna média (°C)
Dia 3	4,92±0,29
Dia 4	5,05±0,45
Dia 5	5,90±0,24
Dia 6	4,87±0,40

Tabela A4 – Indicação do peso das amostras de bifes de frango em estudo (Kg), do tempo de permanência (min) das mesmas no túnel de congelação contínuo e da temperatura do ar do túnel (°C) durante a passagem dos produtos.

Amostras	Peso (±0,005 Kg)	Tempo de permanência (min) do produto no túnel contínuo	Temperatura do ar do túnel contínuo (±1,00 °C)
3	0,185	4,42	-31,30
4	0,160	4,42	-28,60
5	0,175	4,17	-28,10
6	0,150	4,17	-28,20

Tabela A5 – Dados relativos à temperatura das amostras após a primeira fase de congelação, ao tempo de permanência dos produtos à temperatura ambiente durante o processo de embalagem e à temperatura da sala durante esse processo de embalagem.

Amostras	Temperatura do produto (°C) após sair do túnel contínuo (±0,5 °C)	Tempo de permanência (min) do produto na sala de embalagem	Temperatura da sala (°C) durante o embalamento das amostras
3	-3,0	5	16,70±1,00
4	-2,3	5	15,50±1,00
5	-2,3	5	17,80±1,00
6	-2,9	25	15,00±0,10 ^(a)

^(a) Valor médio de temperatura e o respetivo desvio-padrão.

Tabela A6 – Temperaturas (°C) dos bifes de frango em estudo no momento de entrada no túnel de congelção em *batch*, temperatura média (°C) de túnel de congelção em *batch* durante o período de ultracongelção dos produtos e indicação do estado do túnel de congelção em *batch* (cheio, meia carga ou vazio).

Amostras	Temperatura (°C) do produto à entrada do túnel ($\pm 0,5$ °C)	Temperatura média (°C) do túnel	Estado do túnel
3	-2,9	-25,70 \pm 2,87	Vazio
4	-2,3	-28,49 \pm 2,55	Vazio
5	-2,3	-23,75 \pm 2,75	Meia carga
6	-3,1	-23,67 \pm 3,65	Meia carga

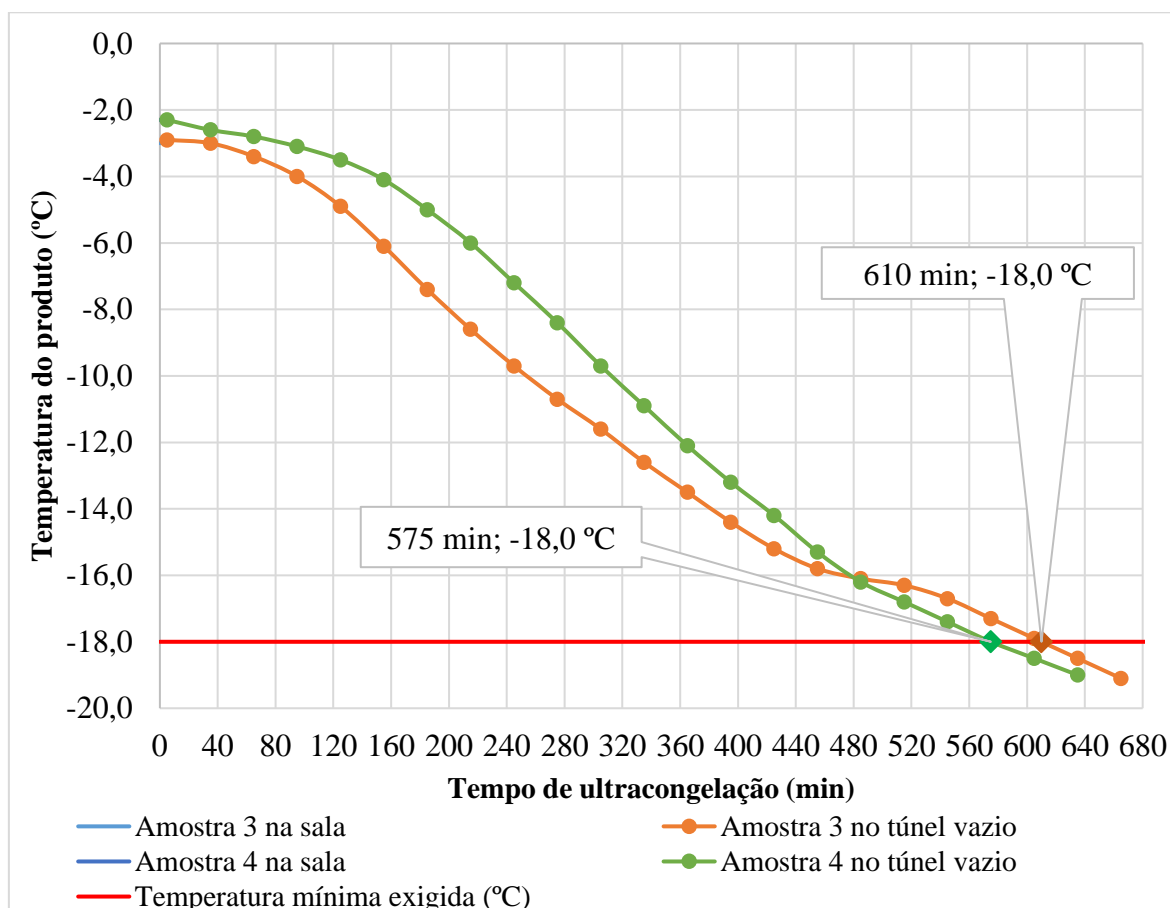


Figura A6 – Variação das temperaturas internas das amostras 3 e 4 de bifes de frango embalados em caixa de cartão na sala de embalagem e durante o processo de ultracongelção no túnel de congelção em *batch* (túnel vazio). Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). Os losangos laranja e verde correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C, isto é, a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).

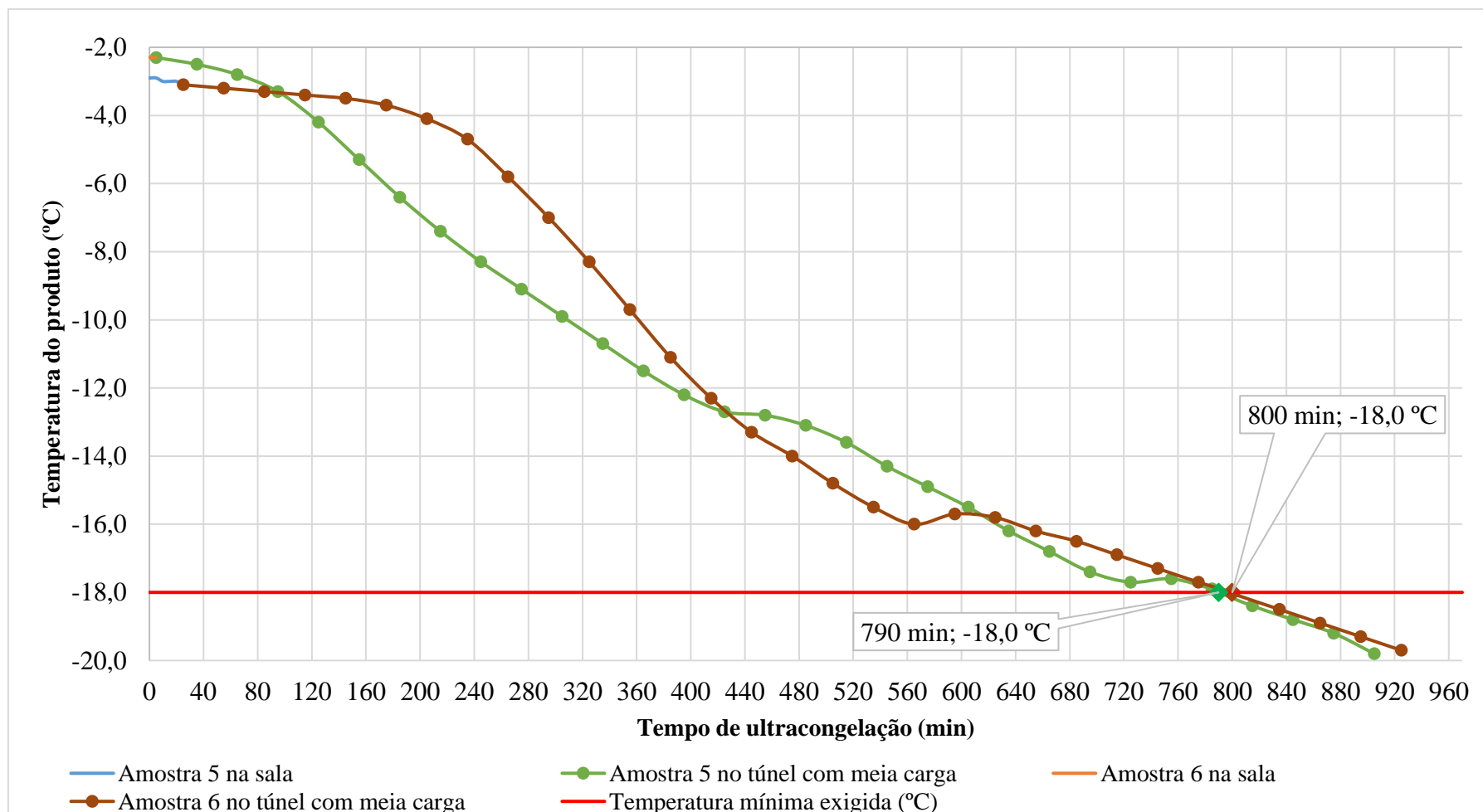


Figura A7 – Variação das temperaturas internas das amostras 5 e 6 de bifes de frango embalados em caixa de cartão na sala de embalagem e durante o processo de ultracongelamento no túnel de congelamento em *batch* (túnel com meia carga). Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). Os losangos verde e castanho correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C, isto é, a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).

- **Bifes de frango: Estudo II**

Tabela A7 – Indicação das temperaturas médias internas de bifes de frango antes de entrar no túnel de congelação contínuo.

	Temperatura interna média (°C)
Dia 3	5,92±0,24
Dia 4	5,90±0,24
Dia 5	4,92±0,29
Dia 6	5,00±0,28

Tabela A8 – Indicação do peso das amostras de bifes de frango em estudo (Kg), do tempo de permanência (min) das mesmas no túnel de congelação contínuo e da temperatura do ar do túnel (°C) durante a passagem dos produtos.

Amostras	Peso (±0,005 Kg)	Tempo de permanência (min) do produto no túnel contínuo	Temperatura do ar do túnel contínuo (±1,00 °C)
3	0,145	4,38	-24,60
4	0,190	4,17	-28,60
5	0,155	4,42	-32,00
6	0,175	4,38	-28,30

Tabela A9 – Temperaturas (°C) dos bifes de frango em estudo após saírem do túnel de congelação contínuo, temperatura média (°C) de túnel de congelação em *batch* durante o período de ultracongelação dos produtos e indicação do estado do túnel de congelação em *batch* (cheio, meia carga ou vazio).

Amostras	Temperatura do produto (°C) após sair do túnel contínuo (±0,5 °C)	Temperatura média (°C) do túnel de congelação em <i>batch</i>	Estado do túnel
3	-3,9	-29,64±1,42	Cheio
4	-3,5	-29,30±0,95	Vazio
5	-1,8	-29,55±1,56	Vazio
6	-3,0	-29,25±0,69	Vazio

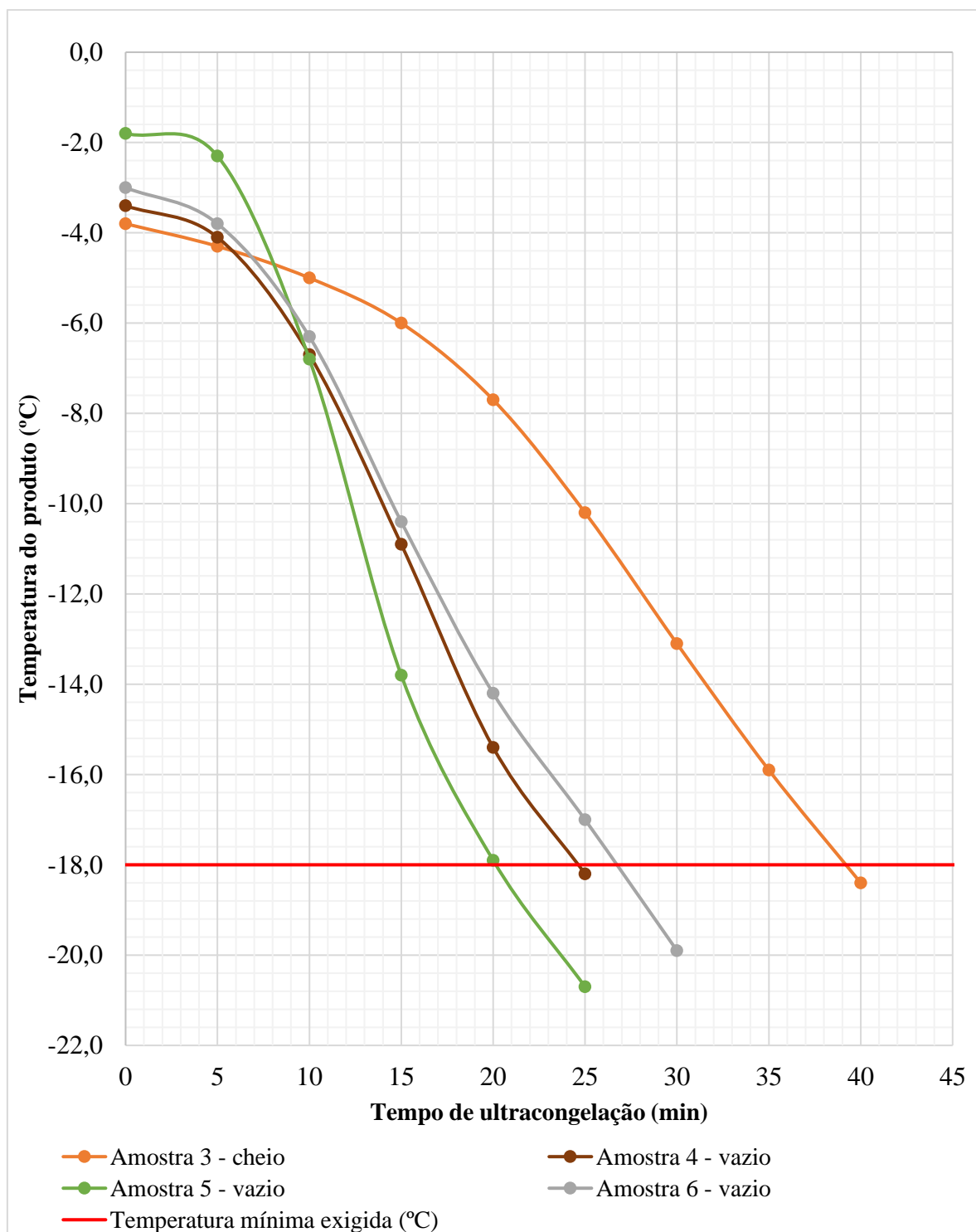


Figura A8 – Variação das temperaturas internas das amostras 3, 4, 5 e 6 de bifes de frango colocados em grades durante o processo de ultracongelamento no túnel de congelamento em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). As interseções das quatro curvas com a linha vermelha correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C, isto é, a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).

- **Hambúrgueres de porco**

Tabela A10 – Indicação das temperaturas médias internas iniciais das amostras ultracongeladas ao mesmo tempo que as dos conjuntos 5 a 10 e da temperatura média do ar do túnel de congelação contínuo.

	Temperatura inicial média (°C)	Temperatura média do túnel de congelação contínuo (°C)
Conjunto 5	4,7±0,1	-19,60±0,95
Conjunto 6	3,4±0,1	-25,77±0,35
Conjunto 7	2,9±0,1	-26,93±0,15
Conjunto 8	4,1±0,1	-27,90±0,20
Conjunto 9	4,6±0,1	-29,40±0,00
Conjunto 10	4,4±0,1	-30,87±0,06

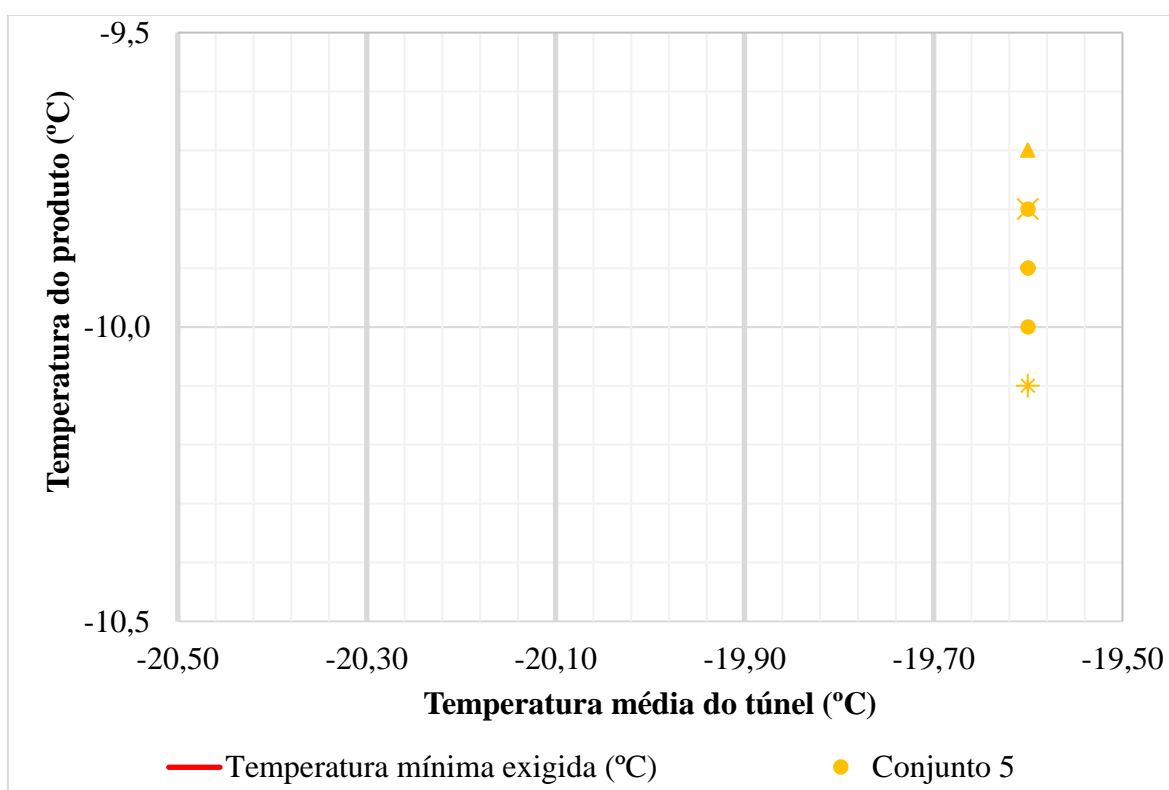


Figura A9 – Variação da temperatura interna (°C) de hambúrgueres de porco para valores de temperatura do ar (°C) do túnel contínuo superiores a -25,0 °C. Indicação da temperatura mínima (-18,0 °C) exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha).

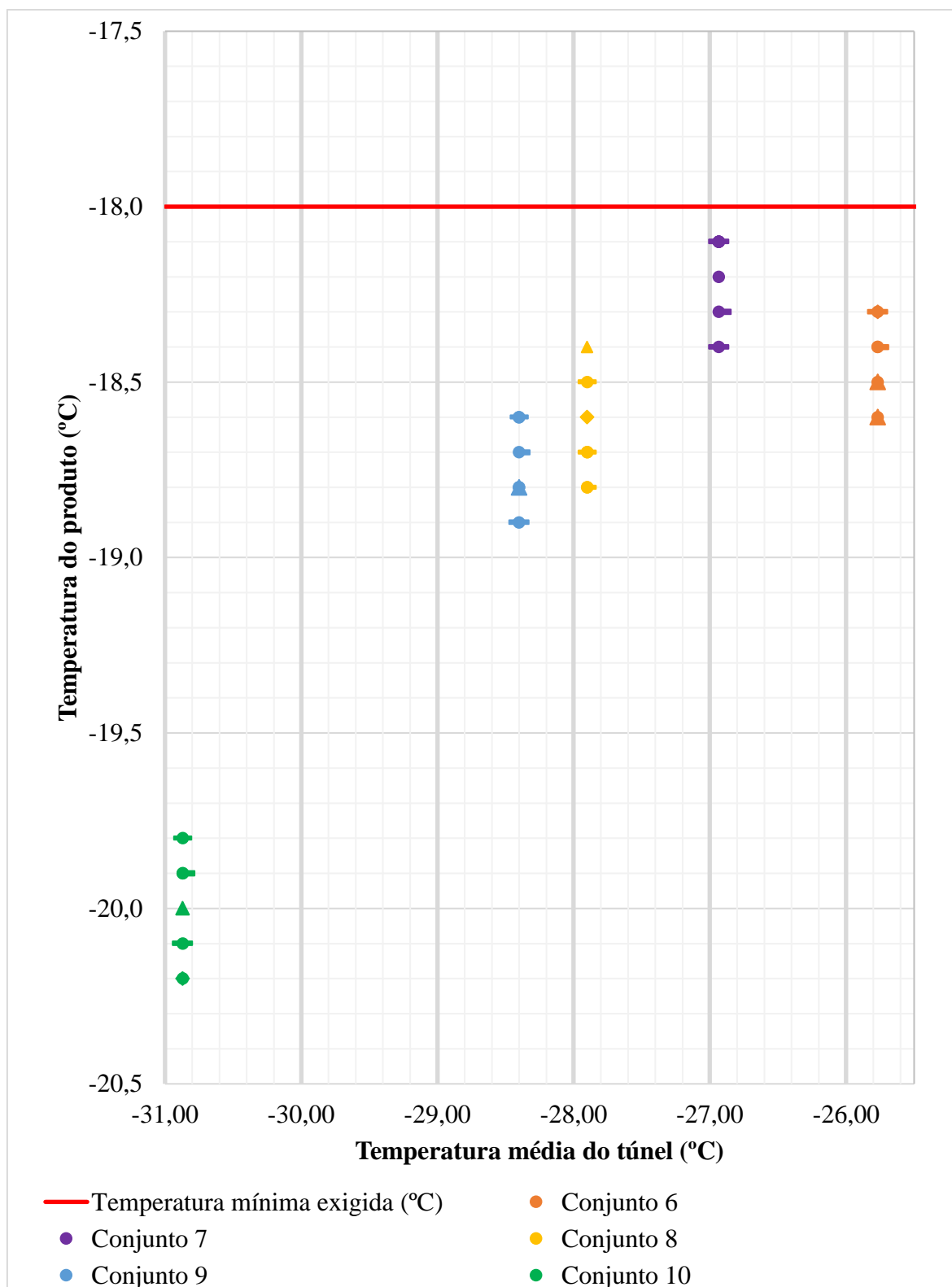


Figura A10 – Variação da temperatura interna (°C) de hambúrgueres de porco para valores de temperatura do ar (°C) do túnel contínuo inferiores a -25,0 °C. Indicação da temperatura mínima (-18,0 °C) exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha).

Tabela A11 – Indicação das temperaturas internas (°C) das 10 amostras do conjunto 1 após ocorrer o processo de ultracongelação no túnel de congelação contínuo.

Conjunto 1	Temperatura ($\pm 0,5$ °C)
Amostra 1	-14,2
Amostra 2	-14,0
Amostra 3	-14,0
Amostra 4	-13,9
Amostra 5	-13,9
Amostra 6	-14,0
Amostra 7	-14,0
Amostra 8	-14,1
Amostra 9	-14,1
Amostra 10	-13,9

Tabela A12 – Indicação das temperaturas internas (°C) das 10 amostras do conjunto 2 após ocorrer o processo de ultracongelação no túnel de congelação contínuo.

Conjunto 2	Temperatura ($\pm 0,5$ °C)
Amostra 1	-15,9
Amostra 2	-15,9
Amostra 3	-15,8
Amostra 4	-15,7
Amostra 5	-16,0
Amostra 6	-16,0
Amostra 7	-15,9
Amostra 8	-15,7
Amostra 9	-15,8
Amostra 10	-15,7

Tabela A13 – Indicação das temperaturas internas (°C) das 10 amostras do conjunto 3 após ocorrer o processo de ultracongelação no túnel de congelação contínuo.

Conjunto 3	Temperatura ($\pm 0,5$ °C)
Amostra 1	-18,2
Amostra 2	-18,2
Amostra 3	-18,5
Amostra 4	-18,5
Amostra 5	-18,4
Amostra 6	-18,3
Amostra 7	-18,3
Amostra 8	-18,4
Amostra 9	-18,5
Amostra 10	-18,3

Tabela A14 – Indicação das temperaturas internas (°C) das 10 amostras do conjunto 4 após ocorrer o processo de ultracongelação no túnel de congelação contínuo.

Conjunto 4	Temperatura ($\pm 0,5$ °C)
Amostra 1	-19,8
Amostra 2	-19,9
Amostra 3	-19,9
Amostra 4	-20,0
Amostra 5	-19,9
Amostra 6	-20,1
Amostra 7	-19,9
Amostra 8	-19,9
Amostra 9	-20,1
Amostra 10	-20,1

Tabela A15 – Indicação das temperaturas internas (°C) das 10 amostras do conjunto 5 após ocorrer o processo de ultracongelação no túnel de congelação contínuo.

Conjunto 5	Temperatura ($\pm 0,5$ °C)
Amostra 1	-9,7
Amostra 2	-10,1
Amostra 3	-9,9
Amostra 4	-9,9
Amostra 5	-9,8
Amostra 6	-10,1
Amostra 7	-9,9
Amostra 8	-10,0
Amostra 9	-10,0
Amostra 10	-9,8

Tabela A16 – Indicação das temperaturas internas (°C) das 10 amostras do conjunto 6 após ocorrer o processo de ultracongelação no túnel de congelação contínuo.

Conjunto 6	Temperatura ($\pm 0,5$ °C)
Amostra 1	-18,3
Amostra 2	-18,4
Amostra 3	-18,4
Amostra 4	-18,4
Amostra 5	-18,3
Amostra 6	-18,5
Amostra 7	-18,6
Amostra 8	-18,3
Amostra 9	-18,5
Amostra 10	-18,6

Tabela A17 – Indicação das temperaturas internas (°C) das 10 amostras do conjunto 7 após ocorrer o processo de ultracongelamento no túnel de congelamento contínuo.

Conjunto 7	Temperatura ($\pm 0,5$ °C)
Amostra 1	-18,3
Amostra 2	-18,4
Amostra 3	-18,1
Amostra 4	-18,4
Amostra 5	-18,1
Amostra 6	-18,1
Amostra 7	-18,2
Amostra 8	-18,3
Amostra 9	-18,1
Amostra 10	-18,1

Tabela A18 – Indicação das temperaturas internas (°C) das 10 amostras do conjunto 8 após ocorrer o processo de ultracongelamento no túnel de congelamento contínuo.

Conjunto 8	Temperatura ($\pm 0,5$ °C)
Amostra 1	-18,4
Amostra 2	-18,5
Amostra 3	-18,6
Amostra 4	-18,8
Amostra 5	-18,5
Amostra 6	-18,7
Amostra 7	-18,7
Amostra 8	-18,8
Amostra 9	-18,7
Amostra 10	-18,8

Tabela A19 – Indicação das temperaturas internas (°C) das 10 amostras do conjunto 9 após ocorrer o processo de ultracongelação no túnel de congelação contínuo.

Conjunto 9	Temperatura ($\pm 0,5$ °C)
Amostra 1	-18,6
Amostra 2	-18,9
Amostra 3	-18,7
Amostra 4	-18,6
Amostra 5	-18,8
Amostra 6	-18,7
Amostra 7	-18,6
Amostra 8	-18,8
Amostra 9	-18,8
Amostra 10	-18,9

Tabela A20 – Indicação das temperaturas internas (°C) das 10 amostras do conjunto 10 após ocorrer o processo de ultracongelação no túnel de congelação contínuo.

Conjunto 10	Temperatura ($\pm 0,5$ °C)
Amostra 1	-20,2
Amostra 2	-19,9
Amostra 3	-19,8
Amostra 4	-20,1
Amostra 5	-20,0
Amostra 6	-19,9
Amostra 7	-19,9
Amostra 8	-19,8
Amostra 9	-20,1
Amostra 10	-20,2

- **Hambúrgueres de frango (80g)**

Tabela A21 – Indicação das temperaturas internas de 3 hambúrgueres após saída do túnel de congelação em espiral, um no dia 3, outro no dia 4 e outro no dia 5, e indicação da temperatura média do ar do túnel (°C) durante a passagem dos produtos com o respetivo desvio-padrão.

Dia	Amostras	Temperatura do produto após saída do túnel em espiral ($\pm 0,5$ °C)	Temperatura média do ar do túnel em espiral (°C) durante a passagem do produto
3	3	-10,7	-30,88 \pm 0,28
4	4	-10,9	-32,78 \pm 0,56
5	5	-2,5	-32,93 \pm 0,80

Tabela A22 – Indicação do tempo de permanência, em minutos, dos 3 hambúrgueres de frango na sala de embalagem, assim como da temperatura média da sala (°C) e do respetivo desvio-padrão.

Amostras	Tempo de permanência (min) na sala	Temperatura média da sala de embalagem (°C)
3	35	12,80 \pm 0,00
4	35	8,90 \pm 0,00
5	25	11,00 \pm 0,00

Tabela A23 – Indicação das temperaturas dos 3 hambúrgueres de frango à entrada do túnel de congelação em *batch* (°C), indicação das temperaturas médias (°C) do túnel de congelação em *batch* durante o tempo de permanência das amostras e indicação do estado do túnel.

Amostras	Temperatura do produto à entrada do túnel ($\pm 0,5$ °C)	Temperatura média do túnel (°C) durante o tempo de permanência do produto	Estado do túnel
3	-6,2	-25,23 \pm 4,55	Meia carga
4	-4,8	-26,69 \pm 4,12	Meia carga
5	-3,2	-26,24 \pm 2,72	Cheio

Tabela A24 – Indicação do tempo total, em minutos, que os 3 hambúrgueres de frango precisaram até atingirem os -18 °C e indicação do tempo de ultracongelação, em minutos, no túnel de congelação em *batch*.

Amostras	Tempo total (min) até atingir -18 °C (sala + túnel)	Tempo de ultracongelação (min) no túnel de congelação em <i>batch</i> ^(b)
3	1315	1280
4	1365	1330
5	2090	2065

^(b) Diferença entre o tempo total (min) até o produto atingir os -18 °C e o tempo de permanência (min) do produto na sala de embalagem.

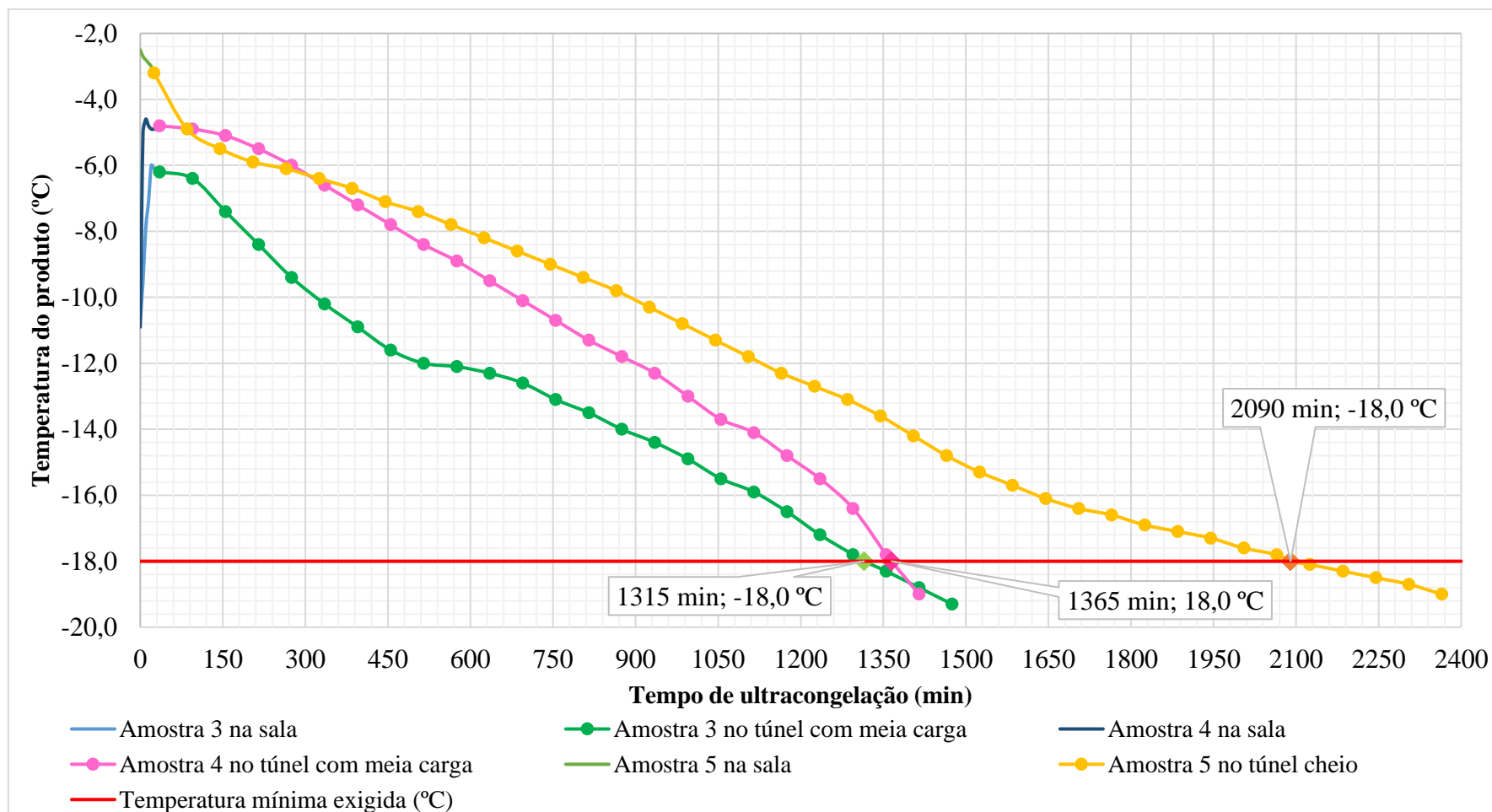


Figura A11 – Variação das temperaturas internas das amostras 3, 4 e 5 de hambúrgueres de frango na sala de embalagem e durante o processo de ultracongelamento no túnel de congelamento em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). Os losangos verde, rosa e amarelo correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C, isto é, a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).

- **Ensaaios preliminares**

Hambúrguer de frango

Tabela A25 – Indicação da temperatura (°C) das amostras de hambúrgueres de frango em estudo no momento de entrada na câmara de *stock*, temperatura média (°C) do ar da câmara durante o tempo de permanência do produto, indicação do estado da câmara (cheia, meia carga ou vazia), tempo de permanência da paleta na câmara e momento/data da realização.

Amostras	Temperatura (°C) do produto à entrada da câmara ($\pm 0,5$ °C)	Temperatura média (°C) da câmara	Estado da câmara	Tempo de permanência (h)	Data
1	-27,5	-16,05 \pm 3,56	Cheia	25	Dias úteis
3	-19,4	-15,83 \pm 2,97	Cheia	65	Dias úteis
4	-19,3	-18,57 \pm 2,09	Cheia	67	Fim de semana

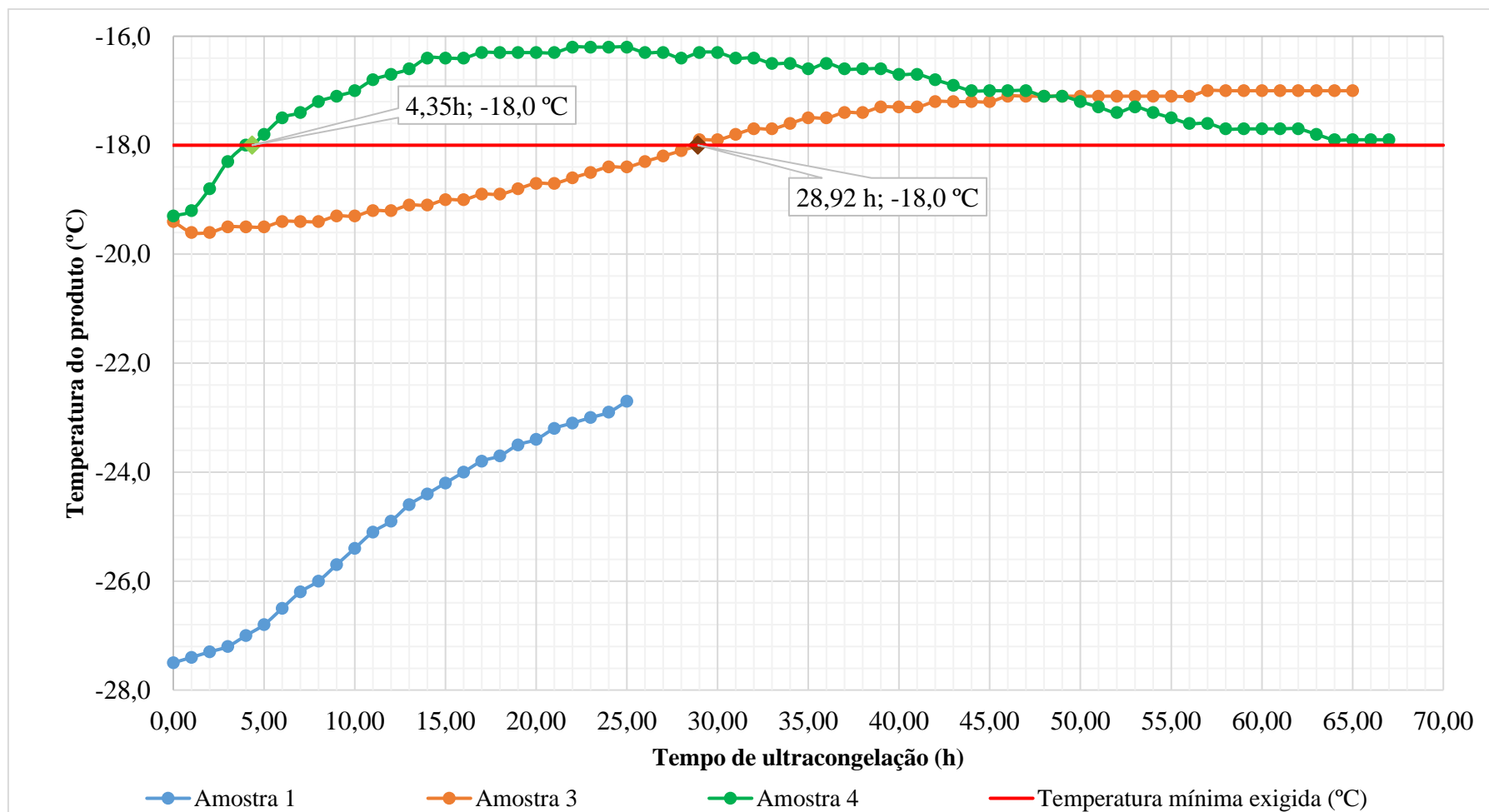


Figura A12 – Variação das temperaturas internas das amostras de hambúrguer de frango durante o armazenamento na câmara de stock. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). Os losangos laranja e verde correspondem ao momento em que as amostras 3 e 4 aumentaram as suas temperaturas internas para -18,0 °C, ou seja, para a temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (33).

Determinação dos tempos de ultracongelação de outros produtos produzidos e/ou comercializados pela empresa Irmãos Monteiro, S.A.

Tabela A26 – Indicação do peso dos produtos (g), do local de ultracongelação e do estado, temperatura do produto (°C) à entrada do túnel de congelação em *batch*/da câmara de congelação, temperatura do ar (°C) do túnel de congelação em *batch*/da câmara de congelação e data. O sombreado azul corresponde aos produtos pré-cozinhados e o sombreado verde corresponde a produtos cárnicos.

Produto	Peso (g)	Local de ultracongelação e estado	Temperatura do produto (°C) à entrada do túnel/ da câmara	Temperatura do ar do túnel/ da câmara (°C)	Data
Chamuça	≈ 40	Túnel de congelação em <i>batch</i> - Meia carga	19,80	-26,28±2,30	Dias úteis
Chamuça	≈ 60	Túnel de congelação em <i>batch</i> – Meia carga	18,6	-28,20±1,78	Dias úteis
Chamuça vegetariana	≈ 60	Câmara de congelação - Vazia	14,8	-18,99±1,36	Dias úteis
Tiras de suíno	---	Túnel de congelação em <i>batch</i> - Cheio	3,8	-25,61±4,70	Dias úteis
Costeleta do cachaço*	220±5	Túnel de congelação em <i>batch</i> - Vazio	-2,7	-29,82±1,15	Dias úteis
Frango inteiro cat. 600/700g	600 - 700	Túnel de congelação em <i>batch</i> - Cheio	7,8	-26,90±2,34	Dias úteis

Miúdos de frango	3105± 5	Túnel de congelação em <i>batch</i> – Meia carga	3,8	-25,92±4,37	Dias úteis
Pá de suíno sem osso	13345 ±5	Túnel de congelação em <i>batch</i> - Cheio	13,2	-26,57±3,22	Dias úteis
Perna de suíno com osso	9835± 5	Túnel de congelação em <i>batch</i> – Meia carga	8,6	-24,84±3,47	Fim de seman a

*No caso da costeleta do cachaço, o processo de ultracongelação é idêntico ao dos bifes de frango em grade (ver 3.1.3.). A costeleta do cachaço passou primeiro pelo túnel de congelação contínuo durante 4 minutos e 25 segundos, aproximadamente, estando o ar deste túnel à temperatura de -32,50±1,00 °C. De seguida, foi transportada em grade para o túnel de congelação em *batch*.

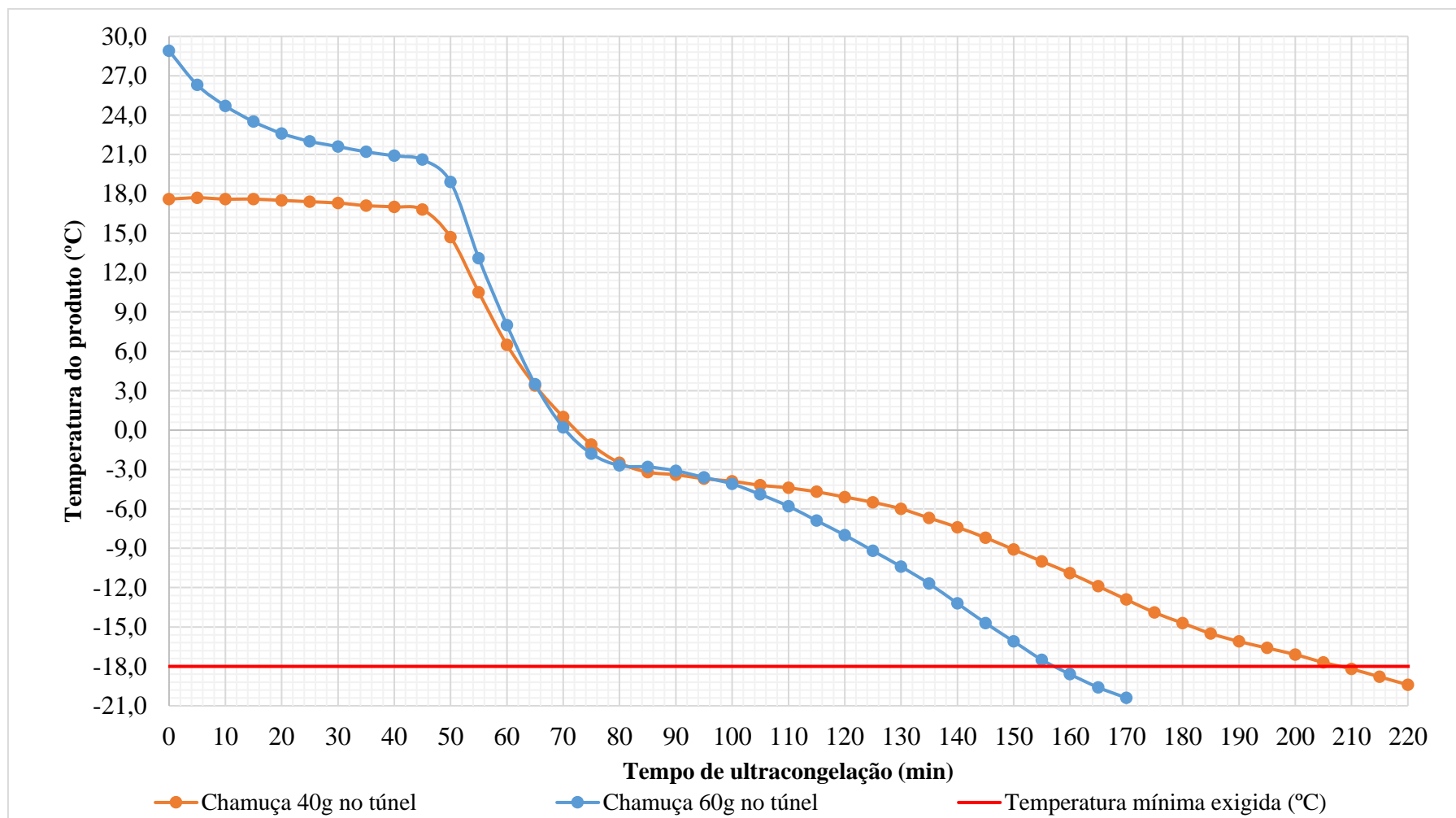


Figura A13 – Variação das temperaturas internas das chamuças de frango de 20g e 40g colocadas em grades durante o processo de ultracongelamento no túnel de congelamento em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). As interseções das curvas azul e laranja com a linha vermelha correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C (33).

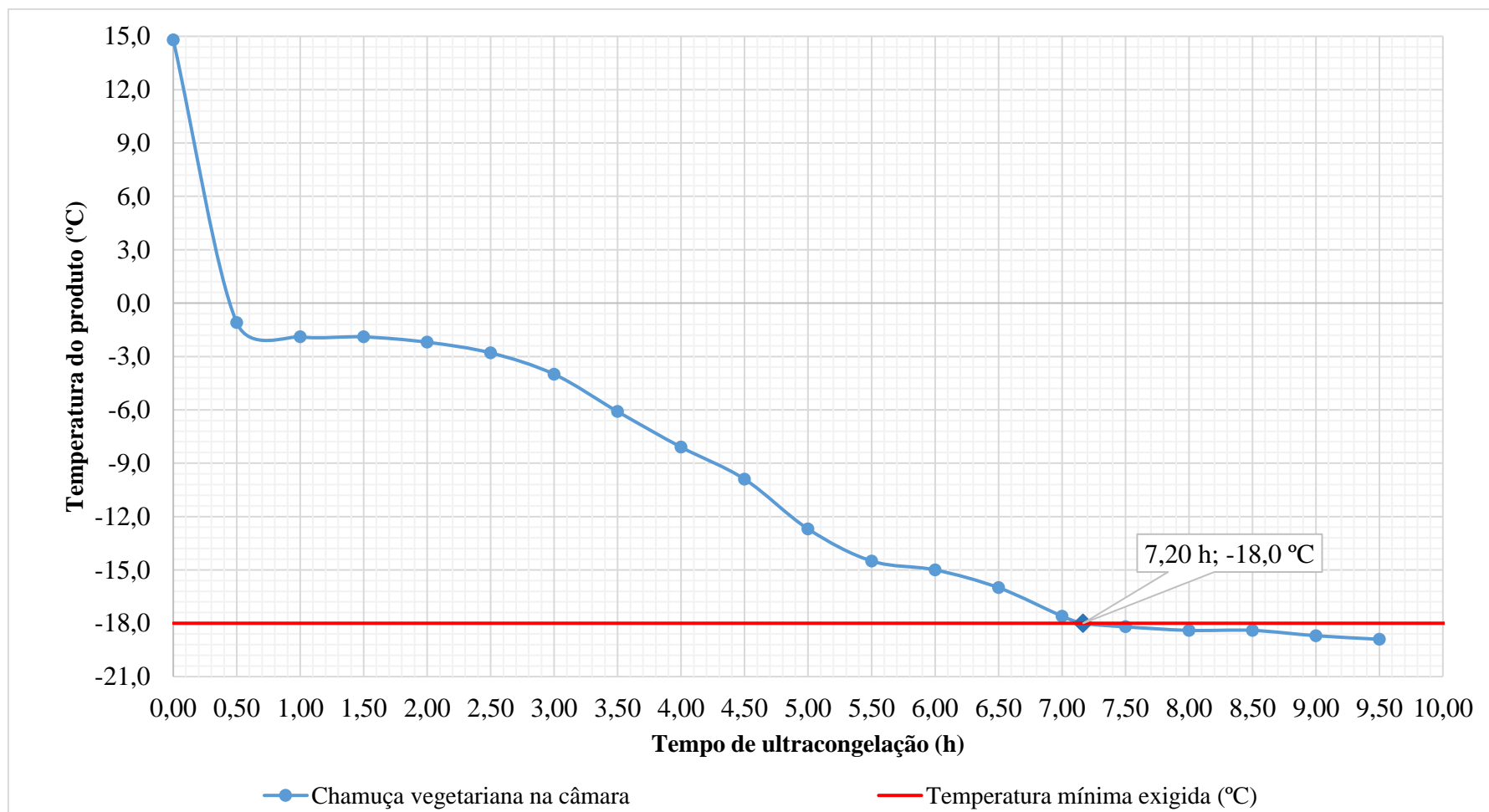


Figura A14 – Variação da temperatura interna da chamuça vegetariana colocada em grade durante o processo de ultracongelamento câmara de congelamento. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). O losango azul corresponde ao momento em que a amostra atingiu os -18,0 °C (33).

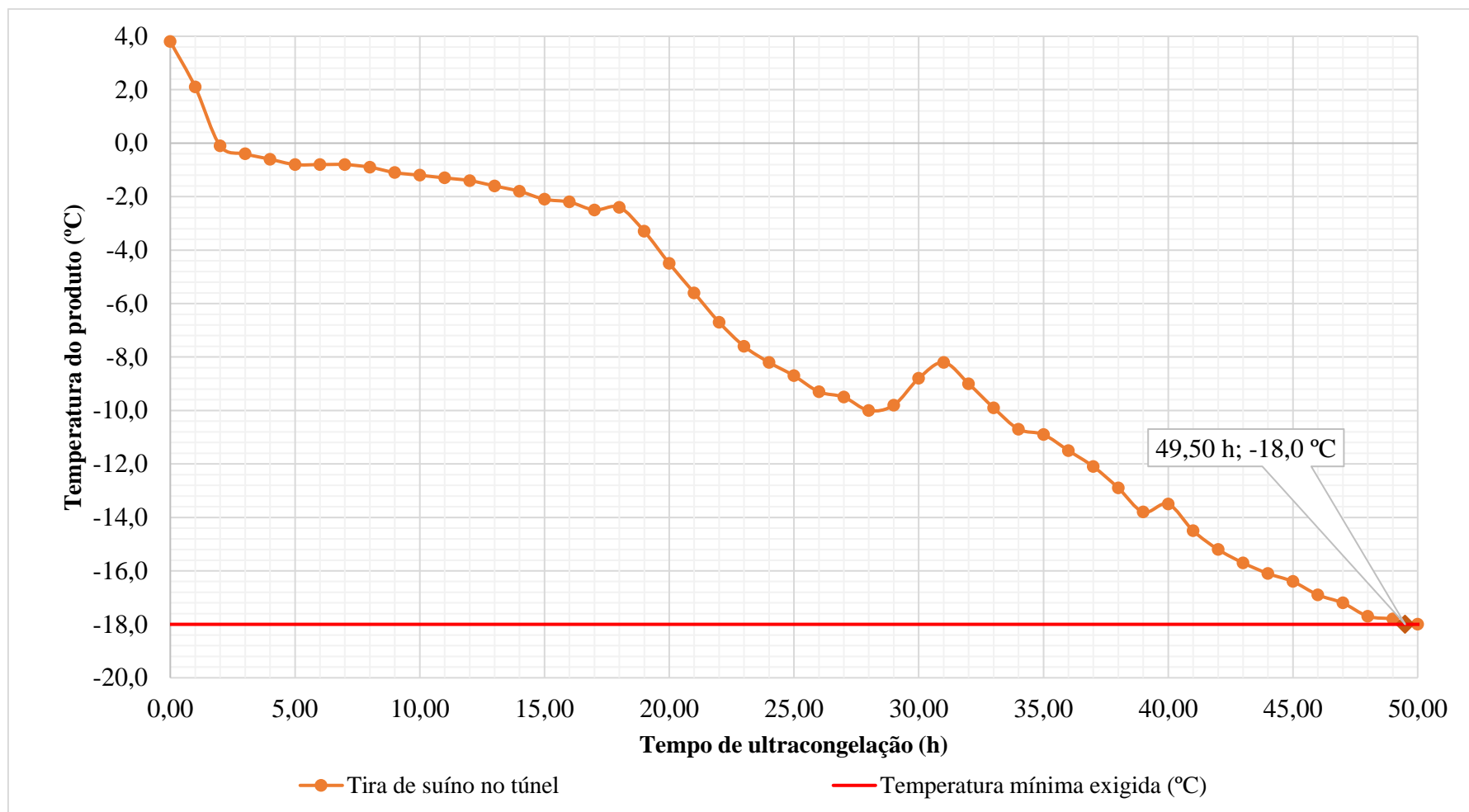


Figura A15 – Variação da temperatura interna da tira de suíno durante o processo de ultracongelamento no túnel de congelação em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). O losango laranja corresponde ao momento em que a amostra atingiu os -18,0 °C (33).

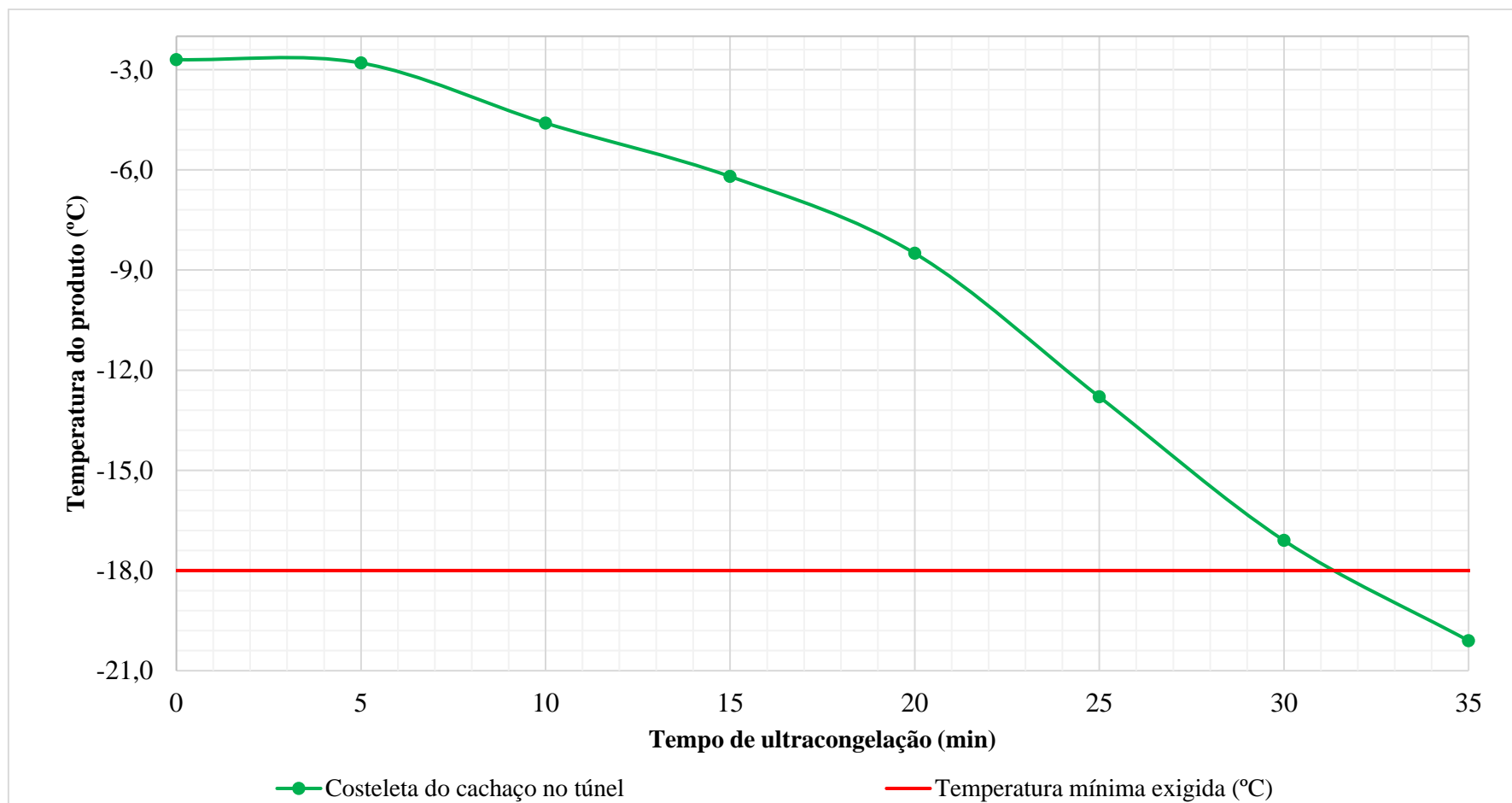


Figura A16 – Variação da temperatura interna da costeleta do cachorro durante o processo de ultracongelamento no túnel de congelamento em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). A interseção da linha verde com a vermelha corresponde ao momento em que a amostra atingiu os -18,0 °C (33).

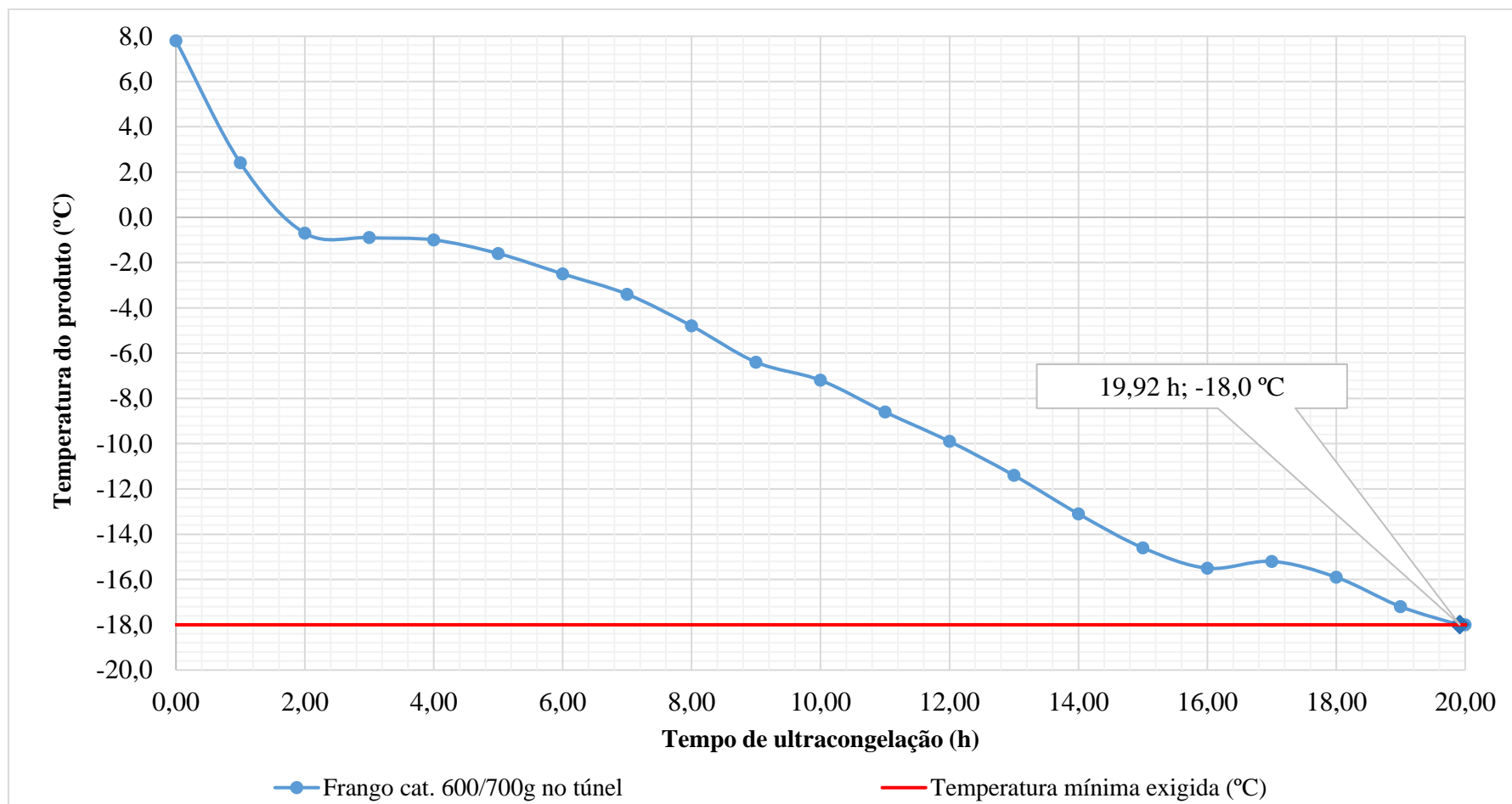


Figura A17 – Variação da temperatura interna do frango inteiro da categoria 600/700g durante o processo de ultracongelamento no túnel de congelamento em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). O losango azul corresponde ao momento em que a amostra atingiu os -18,0 °C (33).

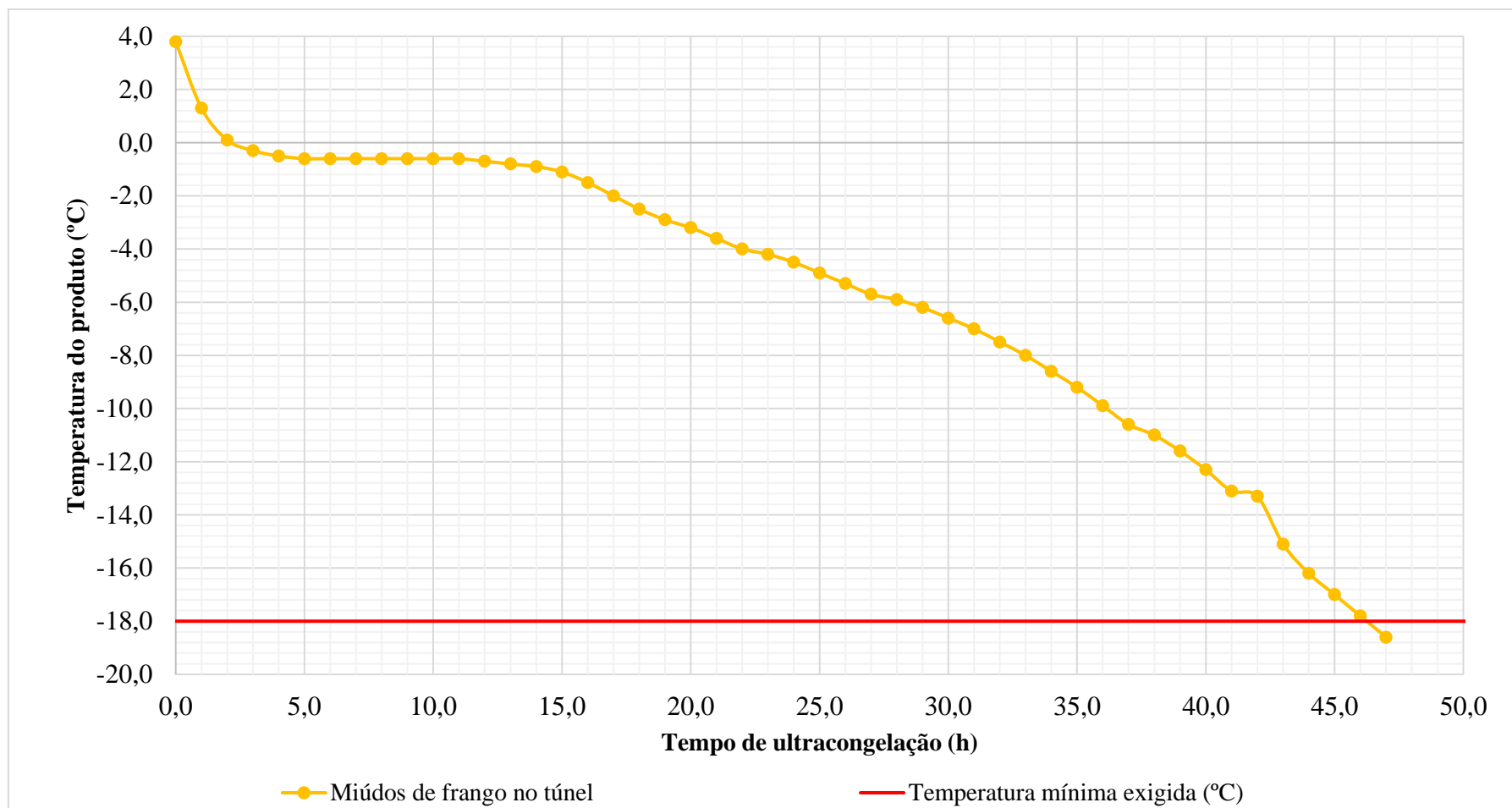


Figura A18 – Variação da temperatura interna dos miúdos de frango durante o processo de ultracongelamento no túnel de congelação em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). A interseção da linha amarela com a vermelha corresponde ao momento em que a amostra atingiu os -18,0 °C (33).

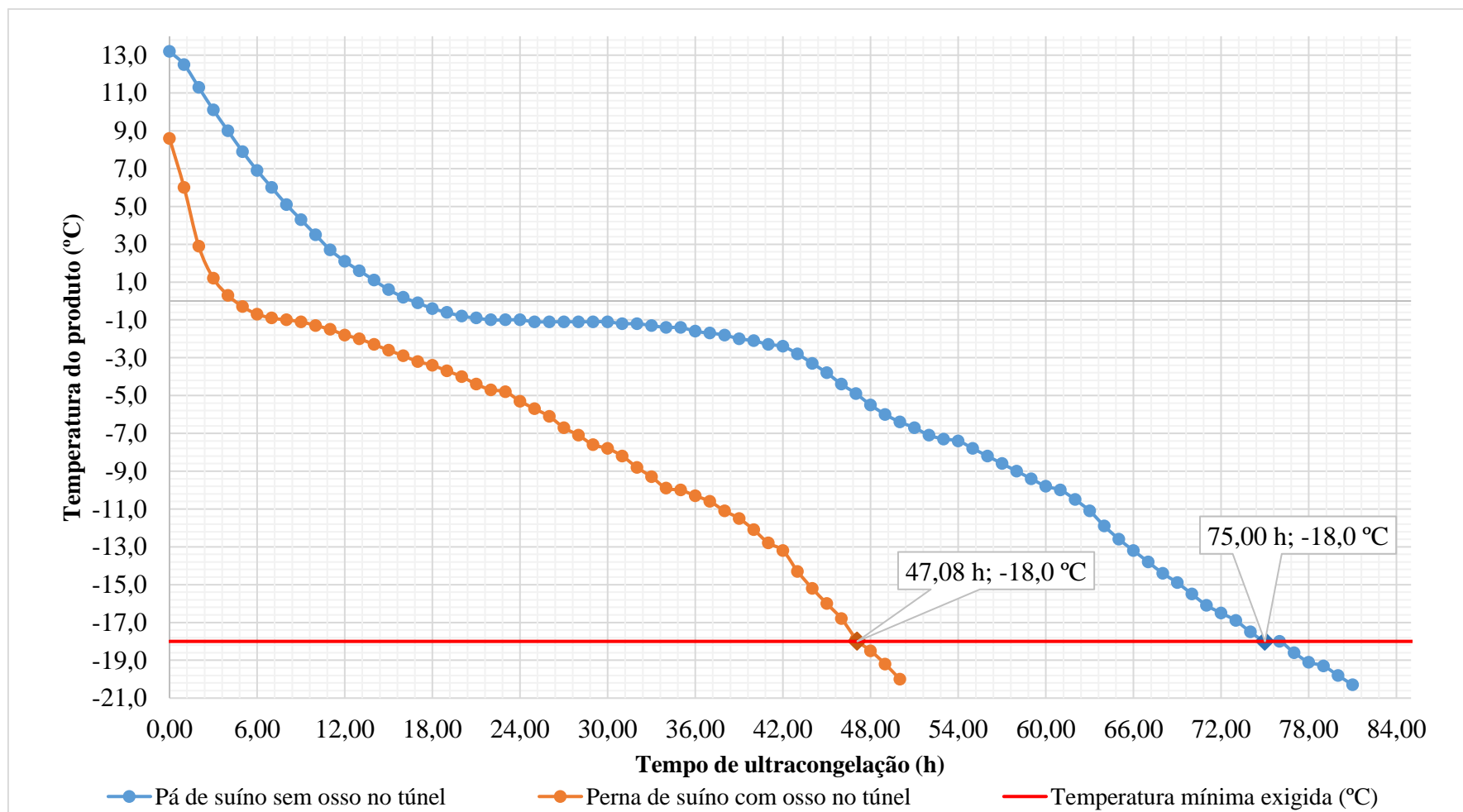


Figura A19 – Variação das temperaturas internas da pá de suíno sem osso e da perna de suíno com osso durante o processo de ultracongelamento no túnel de congelamento em *batch*. Indicação da temperatura mínima exigida para produtos ultracongelados (linha vermelha). Os losangos azul e laranja correspondem ao momento em que as amostras atingiram os -18,0 °C (33).

Anexo II – Outros resultados de “Implementação da certificação IFS *Food*”

- **Sistematização da informação de fichas técnicas**

Tabela B1 – Sistematização da informação da FT de um dos produtos produzidos e comercializados pela empresa Irmãos Monteiro, S.A..

Código	-----
Descrição	Suíno entrecosto tiras
Estado	Ativo
Nº do fornecedor	-----
Nome do fornecedor	-----
Data da última atualização da FT	25-03-2015
Prazo de validade	Refrigeração: <ul style="list-style-type: none">• Granel: 5 dias• Vácuo: 13 dias Congelação: 18 meses
Condições de armazenamento	Refrigeração e congelação (igual ou inferior a - 18 °C)
Observações/ocorrências	Presença de tira do cordão; remoção de pisados; peso médio: 0,673 kg; o produto deve ser cozinhado antes de ser consumido
Lista de ingredientes	-----
OGM	Não aplicável
Radiação	Não mencionado na FT
Origem	Não mencionado na FT
Critérios microbiológicos	
<i>Salmonella spp.</i>	Ausente em 25g
Enterobacteriaceae	$\leq 10^4$ ufc/g
<i>Escherichia coli</i>	$\leq 10^2$ ufc/g
Microrganismos a 30 °C	$\leq 10^6$ ufc/g
<i>Listeria monocytogenes</i>	$\leq 10^2$ ufc/g

Critérios nutricionais	
Valor energético (por 100g)	Não mencionado na FT
Proteínas (por 100g)	Não mencionado na FT
Hidratos de carbono (por 100g)	Não mencionado na FT
dos quais açúcares (por 100g)	Não mencionado na FT
Lípidos (por 100g)	Não mencionado na FT
dos quais saturados (por 100g)	Não mencionado na FT
Fibras (por 100g)	Não mencionado na FT
Sal (por 100g)	Não mencionado na FT
(outros)	Não mencionado na FT
Critérios Químicos	
Arsénio	$\leq 0,1$ mg/kg
Chumbo	$\leq 0,1$ mg/kg
Cádmio	$\leq 0,05$ mg/kg
Mercurio	$\leq 0,03$ mg/kg
Soma de dioxinas	Máximo 1,0 pg/g gordura
PCB	Máximo 40 ng/g gordura
Critérios físicos e organoléticos	
Cor	Característica da carne
Odor	Característico da carne
Sabor	Característico da carne
Textura	Característica da carne
Alergénios e vestígios	
Alergénios	Ausente
Vestígios de alergénios	Ausente

Anexo III – Análise sensorial: Teste sensorial afetivo

Ficha de prova ao consumidor

Gênero: _____ **Idade:** _____
Data: _____ **Local:** _____

	Detesto				Gosto muito
Cor:	1	2	3	4	5
Odor:	1	2	3	4	5
Sabor:	1	2	3	4	5
Textura:	1	2	3	4	5
Apreciação Global	1	2	3	4	5

Porquê?

Anexo IV – Análise sensorial: Teste sensorial descritivo de salame

Ficha de prova descritiva de salame

Nome do provador: _____

Data: _____

Cor

Cor característica ☐

Cor não característica:

Castanho ☐

Rosado ☐

Outro (Qual?): _____

Consistência aparente

Húmido

Seco

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Mole

Duro

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Odor

Odor característico ☐

Intensidade do odor característico:

Pouco intenso

Muito intenso

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Odor deteriorado:

Odor a mofo ☐

Outro (Qual?): _____

Consistência na boca

Húmido

Seco

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Mole

Duro

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sabor

Pouco ácido

Muito ácido

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Pouco salgado

Muito salgado

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Pouco gorduroso

Muito gorduroso

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Pouco persistente na boca

Muito persistente na boca

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Aroma

Aroma característico ☐

Aroma deteriorado:

Aroma a mofo ☐

Outro (Qual?): _____

Classificação global

1 Má	2 Medíocre	3 Aceitável	4 Boa	5 Muito Boa
---------	---------------	----------------	----------	----------------

Notas: _____

Anexo V – Análise sensorial: Teste sensorial descritivo de *chorizo* picante

Ficha de prova descritiva de *chorizo* picante

Nome do provador: _____

Data: _____

Cor

Cor característica ☐

Cor não característica:

Castanho ☐

Outro (Qual?): _____

Consistência aparente

Húmido

Seco

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Mole

Duro

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Odor

Odor característico ☐

Intensidade do odor característico:

Pouco intenso

Muito intenso

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Odor deteriorado:

Odor a mofo ☐

Outro (Qual?): _____

Consistência na boca

Húmido

Seco

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Mole

Duro

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sabor

Pouco picante

Muito picante

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Pouco ácido

Muito ácido

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Pouco salgado

Muito salgado

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Pouco gorduroso

Muito gorduroso

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Pouco persistente na boca

Muito persistente na boca

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Aroma

Aroma característico ☐

Aroma deteriorado:

Aroma a mofo ☐

Outro (Qual?): _____

Classificação global

1	2	3	4	5
Má	Medíocre	Aceitável	Boa	Muito Boa

Notas: _____

Anexo VI – Análise sensorial: Resultados dos testes sensoriais afetivos por característica do produto (%) e por grupo de provadores

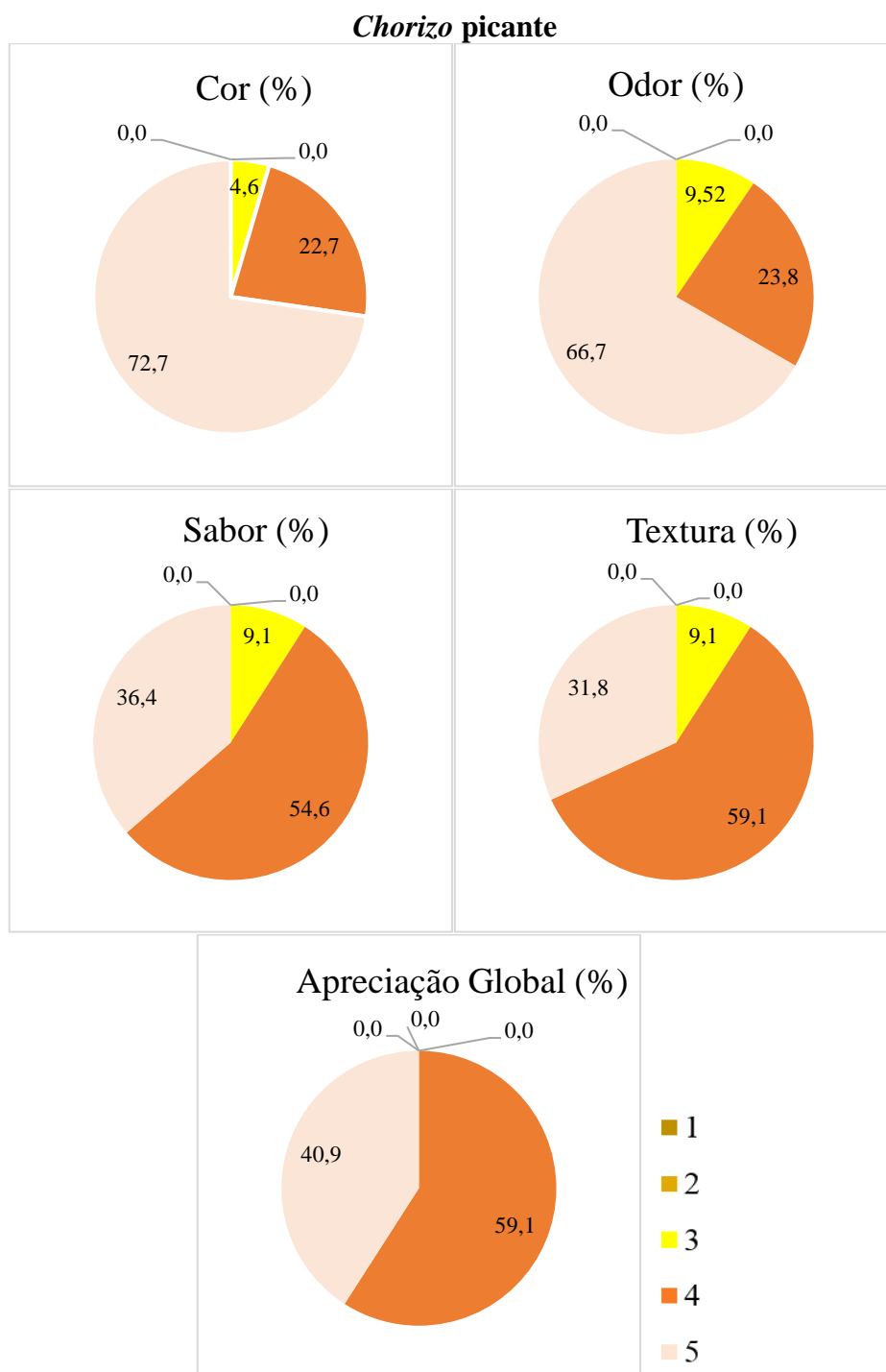


Figura C1 – Respostas dos jovens adultos, em percentagem, por característica (cor, odor, sabor e textura) e para a apreciação global.

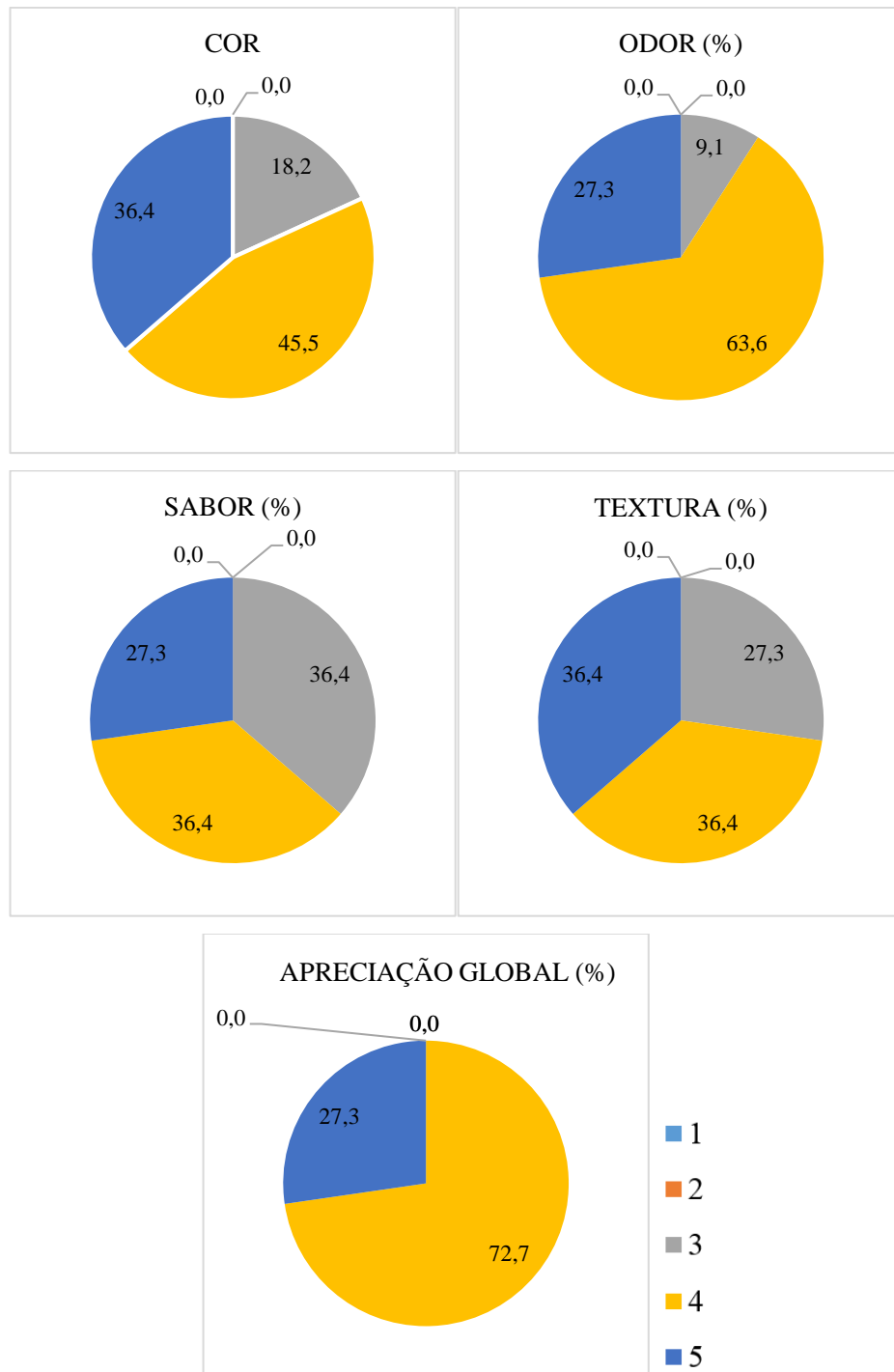


Figura C2 – Respostas dos adultos, em percentagem, por característica (cor, odor, sabor e textura) e para a apreciação global.

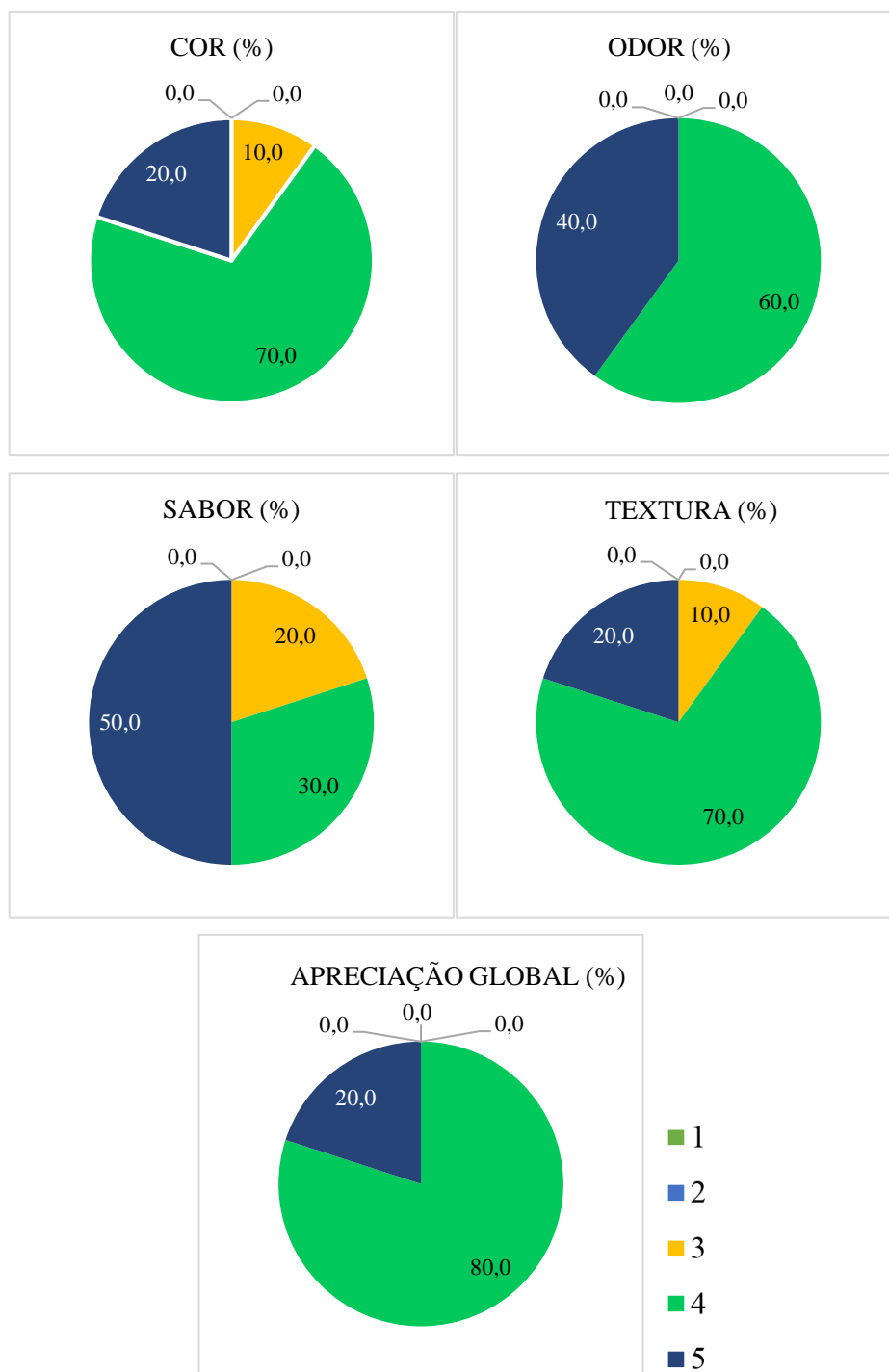


Figura C3 – Respostas do painel interno, em percentagem, por característica (cor, odor, sabor e textura) e para a apreciação global.

Salame – Formulação 2

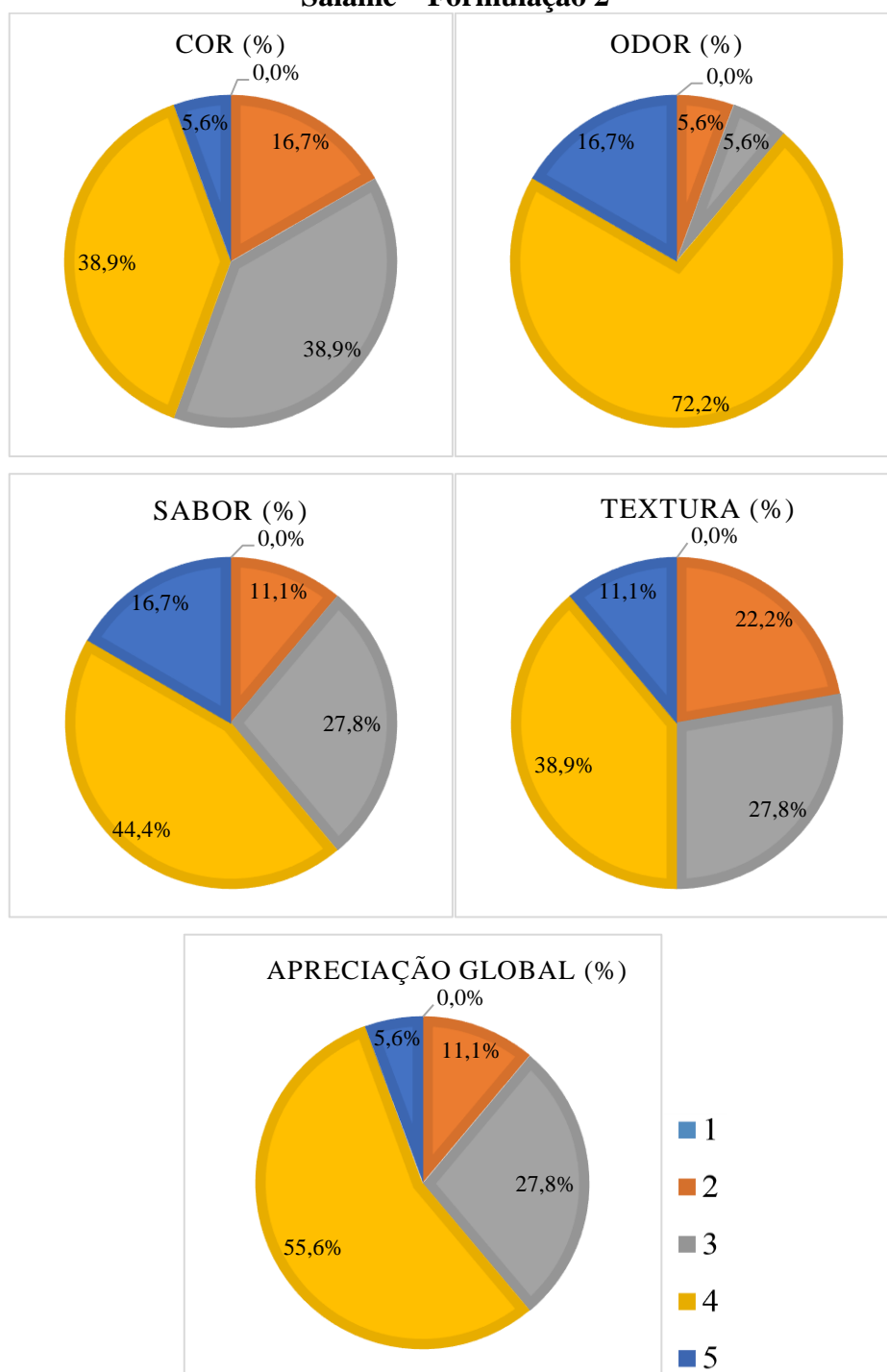


Figura C4 – Respostas dos jovens adultos, em percentagem, por característica (cor, odor, sabor e textura) e para a apreciação global.

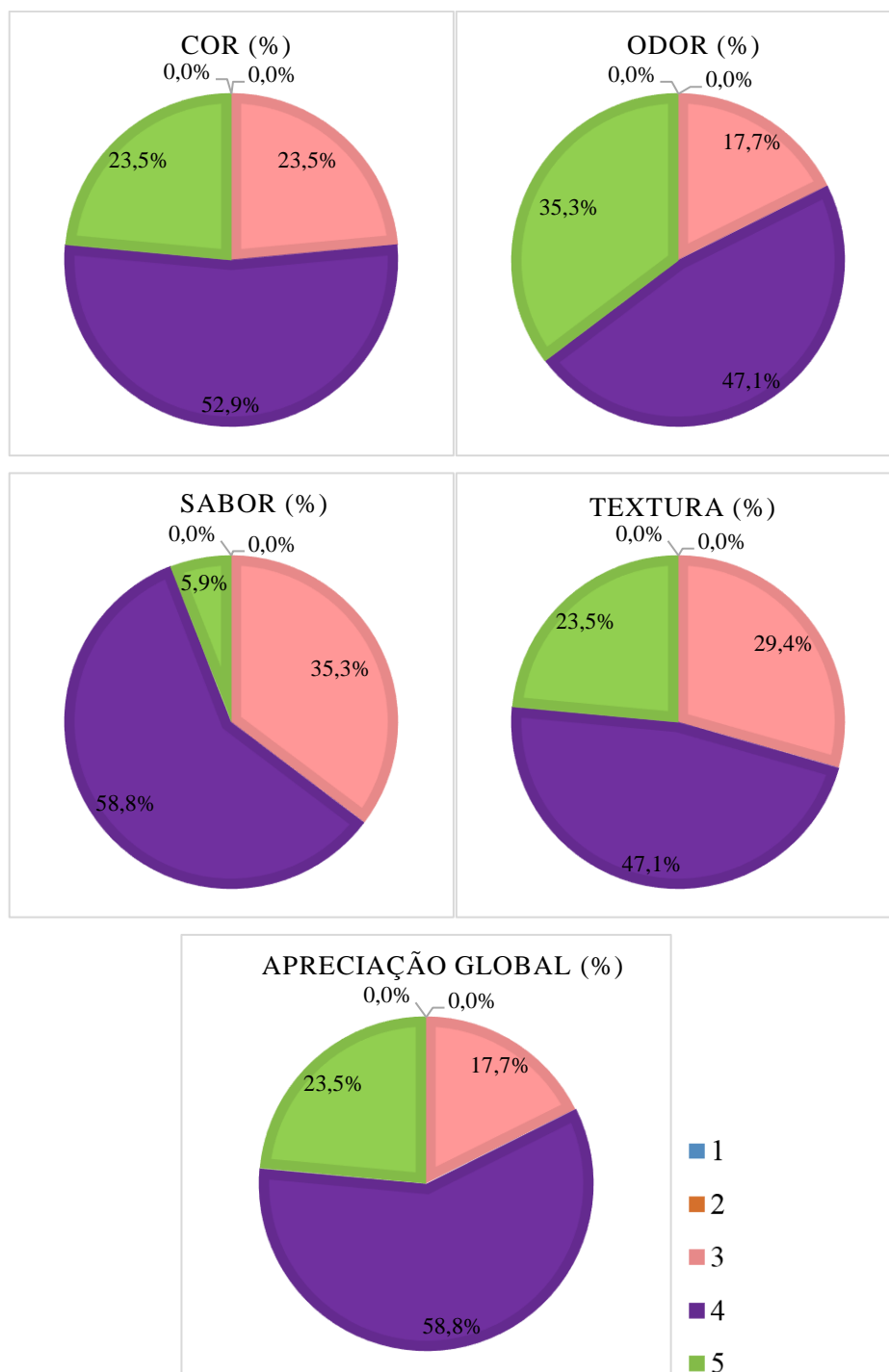


Figura C5 – Respostas dos adultos, em percentagem, por característica (cor, odor, sabor e textura) e para a apreciação global.

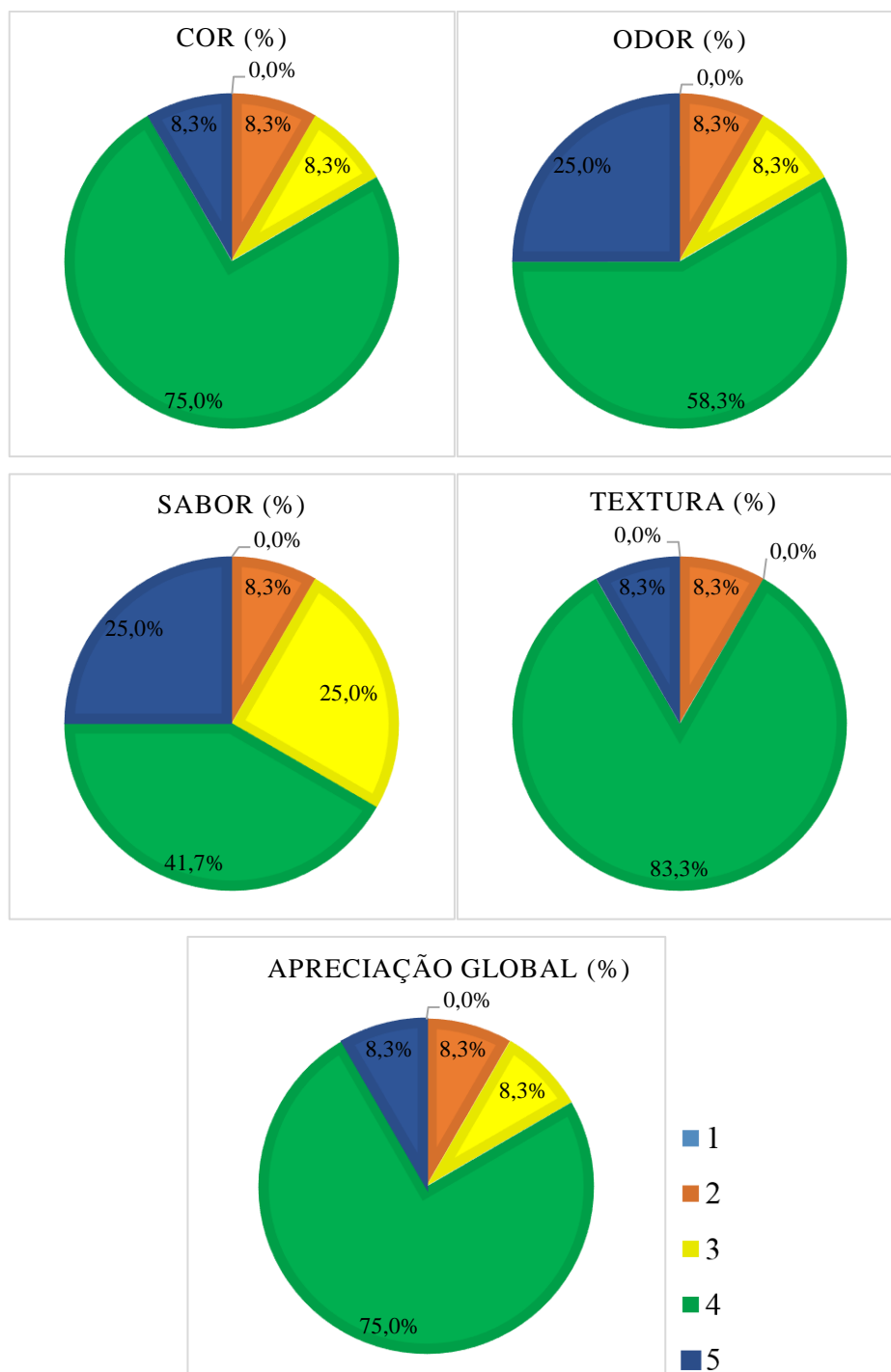


Figura C6 – Respostas do painel interno, em percentagem, por característica (cor, odor, sabor e textura) e para a apreciação global.

Anexo VII – Análise sensorial: Resultados dos testes sensoriais descritivos

- **Chorizo picante**

Tabela D1 – Indicação dos elementos do painel interno que participaram no teste sensorial descritivo do *chorizo* picante. Indicação das idades dos provadores e do local de prova.

Grupo	Provador	Intervalo de idades	Local de prova (setor da empresa)
Painel interno	A	32	Salsicharia
	B	37	Salsicharia
	C	59	Salsicharia
	D	43	Sala de formulação*
	E	37	Sala de formulação*
	F	39	Escritório
	G	42	Escritório
	H	26	Escritório

* Sala onde estão armazenados os ingredientes como especiarias, condimentos, misturas de especiarias, etc..

Tabela D2 – Respostas dos provadores ao teste sensorial descritivo para o *chorizo* picante: cor, odor e aroma.

Provadores do painel interno	Características organoléticas		
	Aspetto	Odor	Sabor
	Cor	Odor	Aroma
A	Característica*	Característico*	Característica*
B	Característica*	Característico*	Característica*
C	Característica*	Característico*	Característica*
D	Característica*	Característico*	Característica*
E	Característica*	Característico*	Característica*
F	Característica*	Característico*	Característica*
G	Característica*	Característico*	Característica*
H	Característica*	Característico*	Característica*

* Os provadores avaliaram o *chorizo* picante como tendo a cor, o odor e o aroma característico deste tipo de produto.

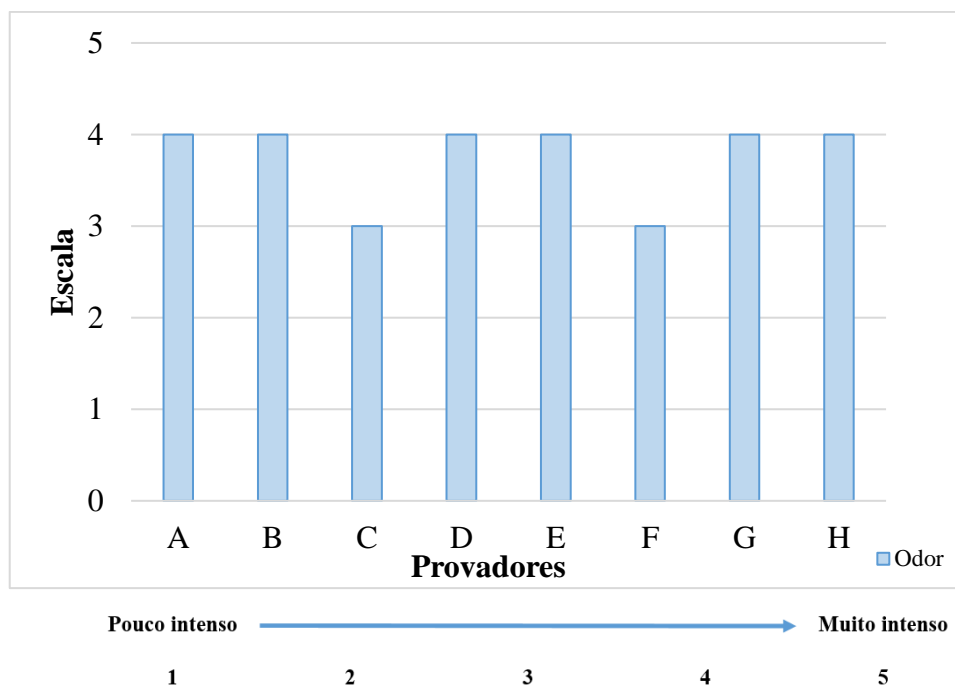


Figura D1 – Classificação do odor do produto numa escala de 1 (pouco intenso) a 5 (muito intenso) por cada provedor.

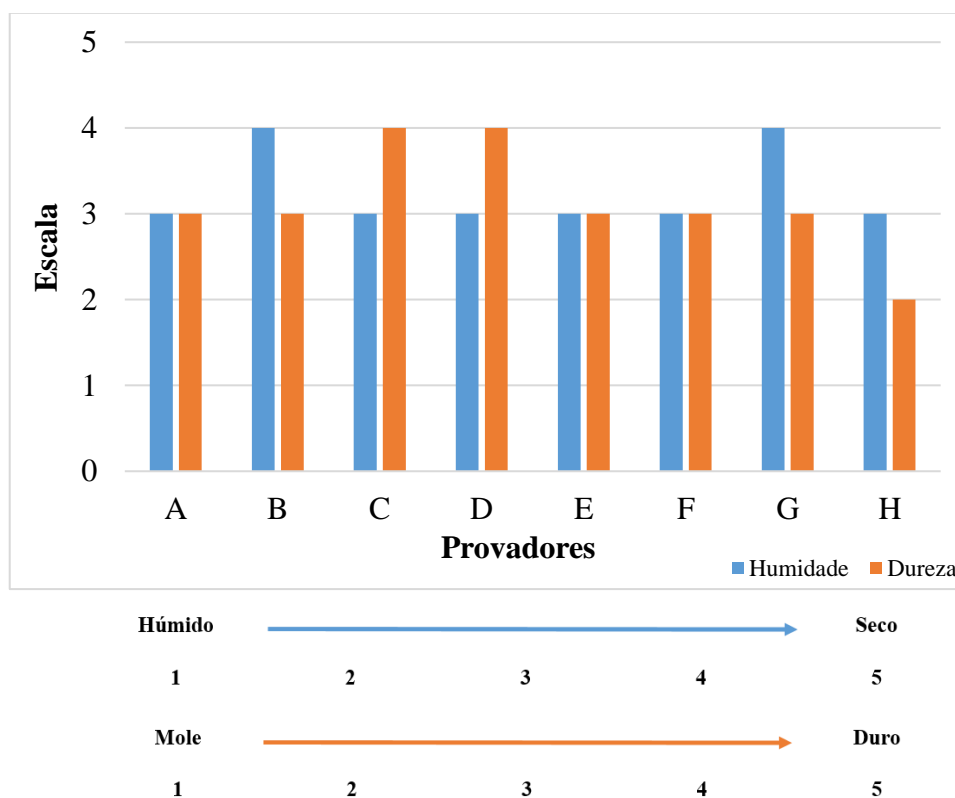


Figura D2 – Classificação da consistência aparente (visual e tato) do produto por cada provedor. Dentro da característica organolética consistência foram avaliadas a humidade e dureza do produto numa escala de 1 (húmido/mole) a 5 (seco/duro).

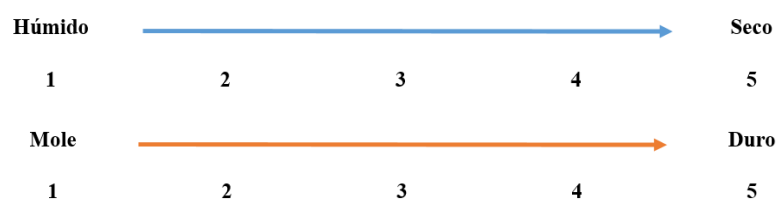
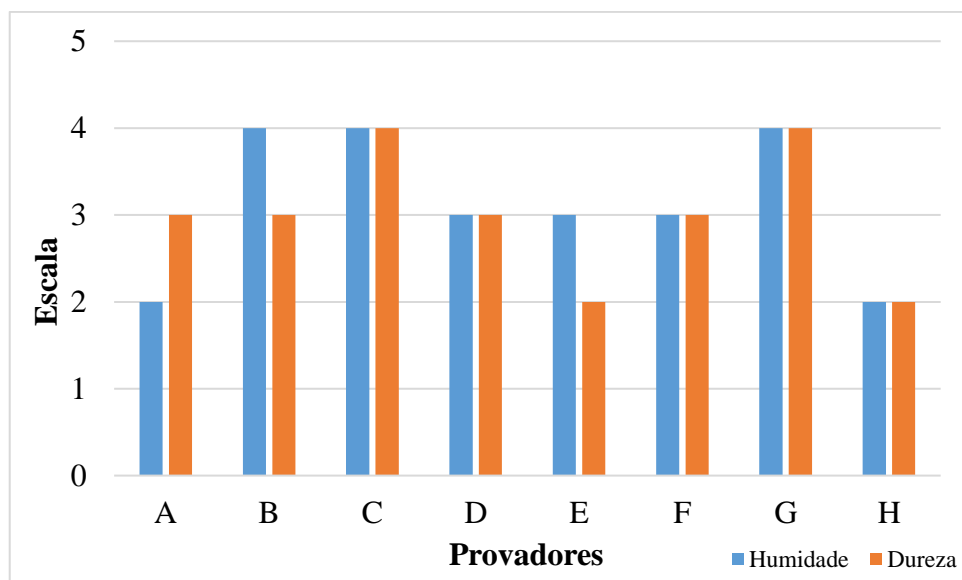
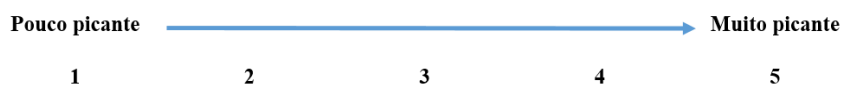
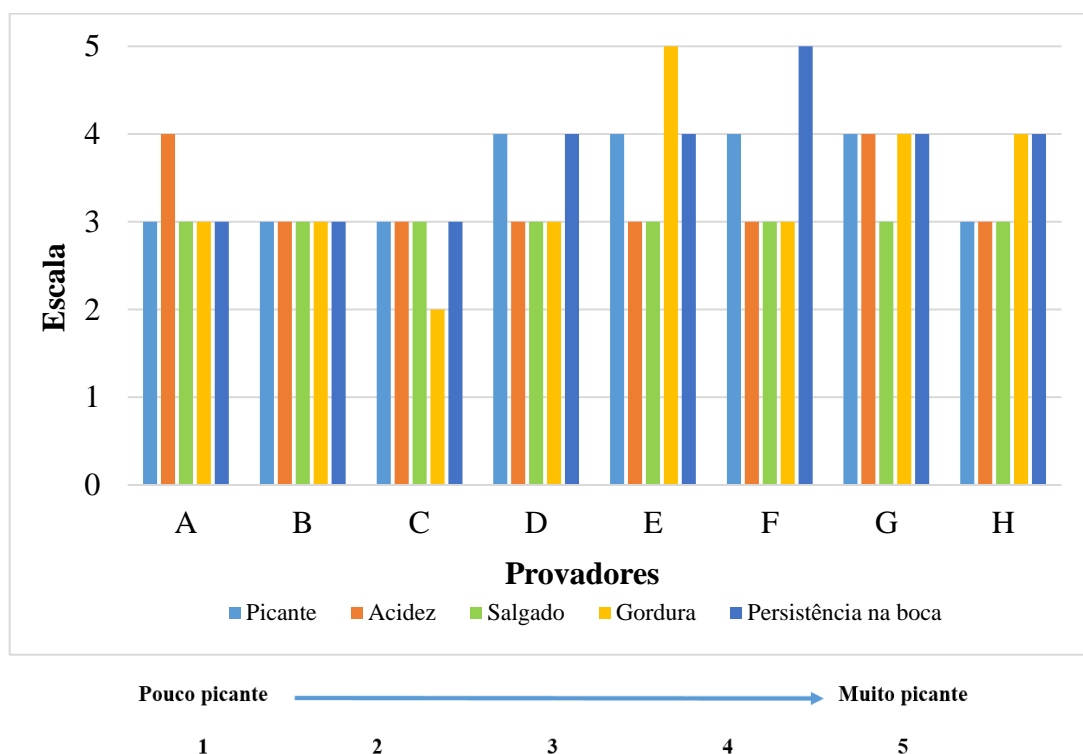


Figura D3 – Classificação da consistência do produto na boca por cada provador. Dentro da característica organolética consistência foram avaliadas a humidade e dureza do produto numa escala de 1 (húmido/mole) a 5 (seco/duro).



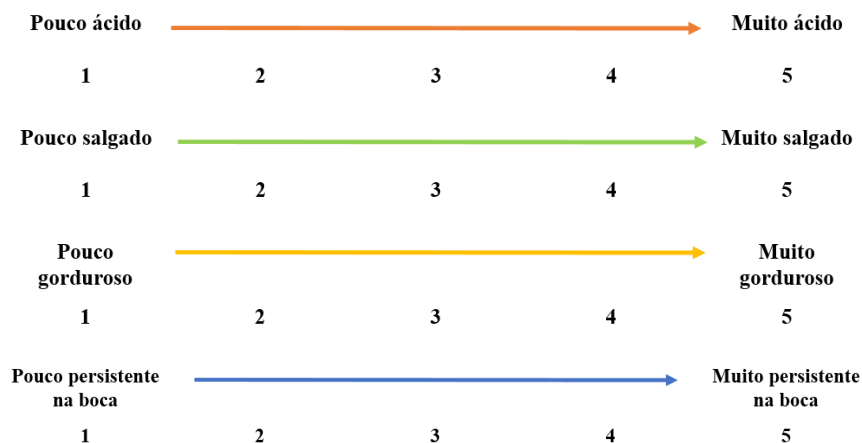


Figura D4 – Classificação do sabor do produto por cada provador. Dentro da característica organolética sabor foram avaliados os níveis de picante, acidez, sal, gordura e a persistência do sabor do produto na boca numa escala de 1 a 5.

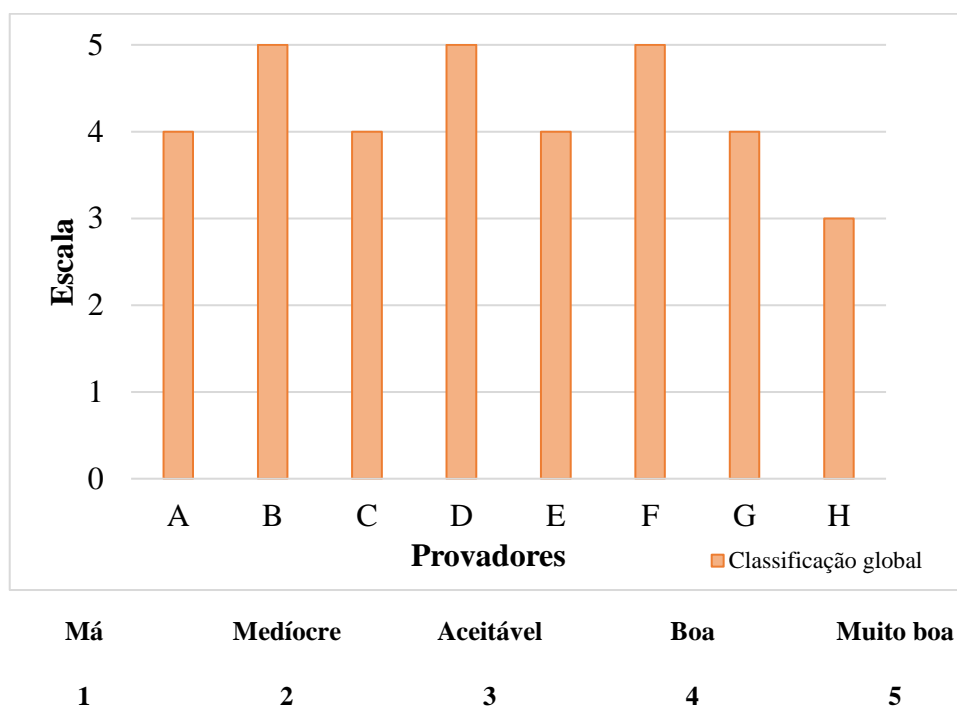


Figura D5 – Classificação global do produto atribuída por cada provador do painel interno.

- **Salame – Formulação 2**

Tabela D3 – Indicação dos elementos do painel interno que participaram no teste sensorial descritivo da formulação 2 do salame. Indicação das idades dos provadores e do local de prova.

Grupo	Provador	Intervalo de idades	Local de prova (setor da empresa)
Painel interno	A	32	Salsicharia
	B	37	Salsicharia
	C	59	Salsicharia
	D	43	Sala de formulação*
	E	39	Escritório
	F	42	Escritório
	G	26	Escritório

* Sala onde estão armazenados os ingredientes como especiarias, condimentos, misturas de especiarias, etc..

Tabela D4 – Respostas dos provadores ao teste sensorial descritivo para o salame: cor, odor e aroma.

	Características organoléticas		
	Aspetto	Odor	Sabor
Provadores do painel interno	Cor	Odor	Aroma
A	Característica*	Característico*	Característica*
B	Característica*	Característico*	Característica*
C	Característica*	Característico*	Característica*
D	Característica*	Característico*	Característica*
E	Característica*	Característico*	Característica*
F	Característica*	Característico*	Característica*
G	Característica*	Característico*	Característica*

* Os provadores avaliaram este salame como tendo a cor, o odor e o aroma característico deste tipo de produto.

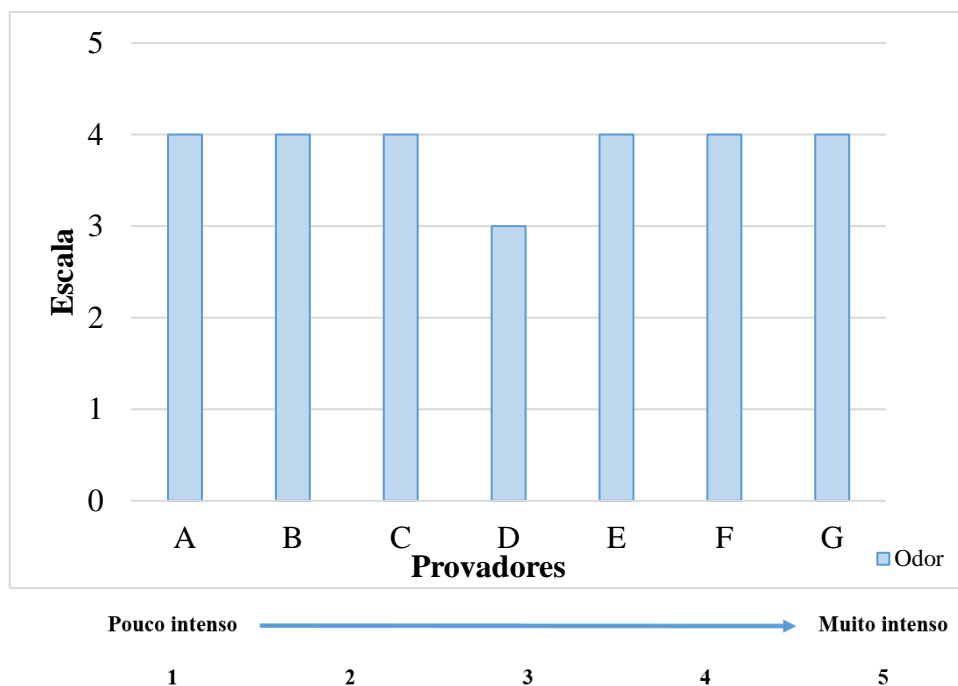


Figura D6 – Classificação do odor do produto numa escala de 1 (pouco intenso) a 5 (muito intenso) por cada provador.

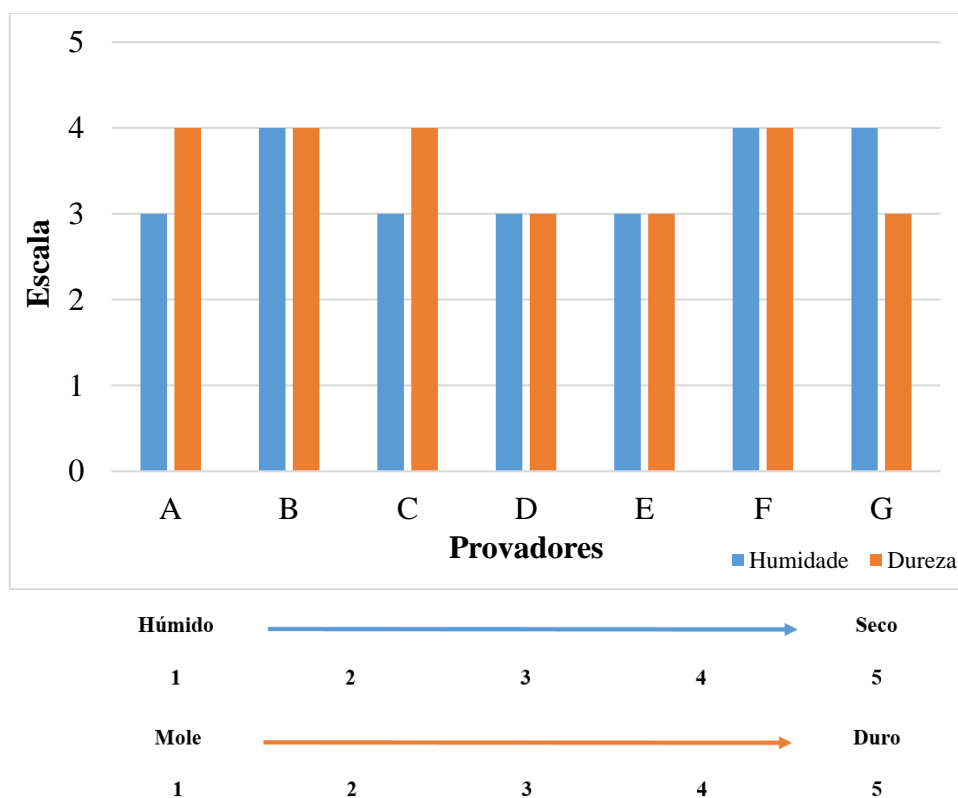


Figura D7 – Classificação da consistência aparente (visual e tato) do produto por cada provador. Dentro da característica organolética consistência foram avaliadas a humidade e dureza do produto numa escala de 1 (húmido/mole) a 5 (seco/duro).

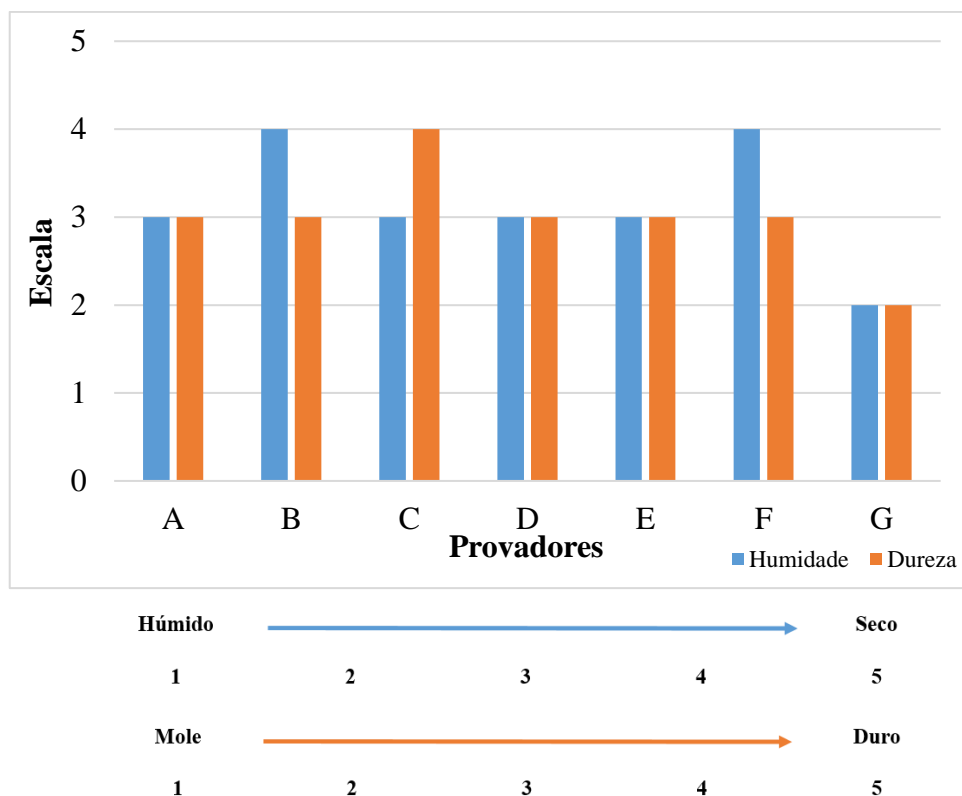
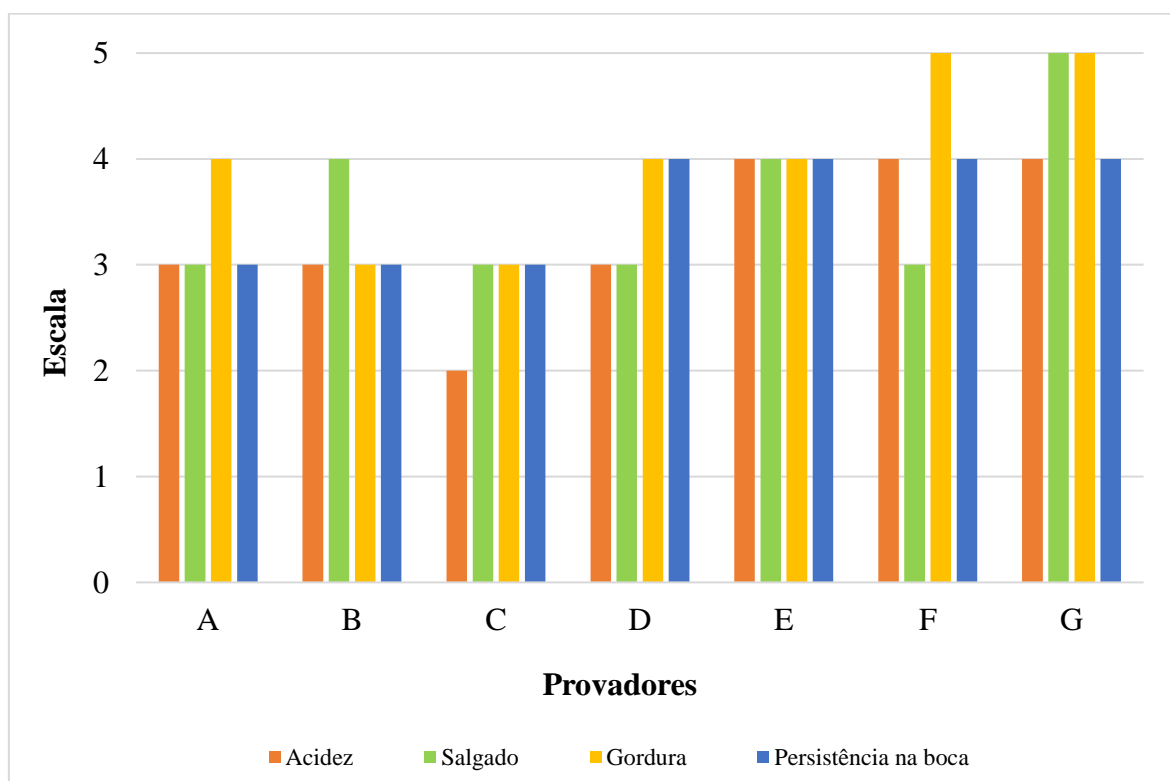


Figura D8 – Classificação da consistência do produto na boca por cada provador. Dentro da característica organolética consistência foram avaliadas a humidade e dureza do produto numa escala de 1 (húmido/mole) a 5 (seco/duro).



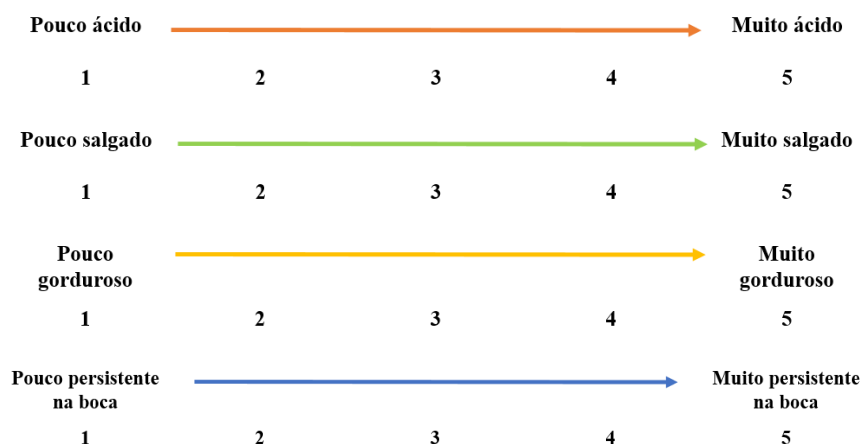


Figura D9 – Classificação do sabor do produto por cada provador. Dentro da característica organolética sabor foram avaliados os níveis de picante, acidez, sal, gordura e a persistência do sabor do produto na boca numa escala de 1 a 5.

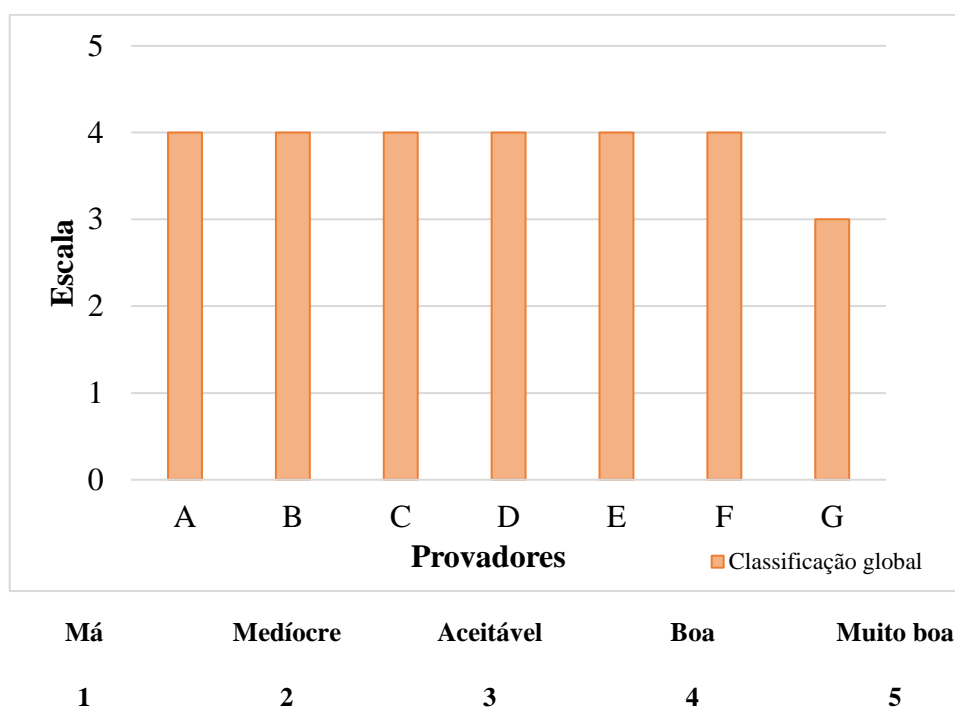


Figura D10 – Classificação global do produto atribuída por cada provador do painel interno.